




3 9007 0320 6547 6
YORK
Date Due

Die Erde und das Leben.

Erster Band.

Die
Erde und das Leben.

Eine vergleichende Erdkunde

von

Prof. Dr. Friedrich Ratzel.

Erster Band.

Mit 264 Abbildungen und Karten im Text, 9 Kartenbeilagen und 23 Tafeln in Farbendruck, Holzschnitt und Ätzung.

Leipzig und Wien.
Bibliographisches Institut.
1901.

Vorwort.

Dieses Buch trägt den Nebentitel „Vergleichende Erdkunde", weil es vorzugsweise die Wechselbeziehungen der Erscheinungen der Erdoberfläche darstellt, also im Sinne von Karl Ritter. Die übliche Klassifikation der geographischen Erscheinungen ist zwar aus praktischen Gründen nicht zu entbehren, aber die Fülle der Thatsachen in deren Kategorien hineinzuzwängen, habe ich nicht unternommen. Der Leser findet daher in diesem ersten Bande nach der historischen und kosmologischen Einleitung die Vulkane, Erdbeben, Küstenschwankungen und die Gebirgsbildung, die Festländer, Inseln und Küsten, den Boden, seine Zusammensetzung, seine Höhen und Tiefen und seine Formen, und wird ebenso im zweiten Band die Welt des Wassers, der Luft und des Lebens darin, sowie den Menschen als Gegenstände der Geographie behandelt finden. Aber es sind hier keine unübersteiglichen Begriffsschranken zwischen den Dingen aufgerichtet, die in der Natur durch unzählige Wirkungen und Übergänge verbunden sind. Daher schließt sich an die Betrachtung der Festländer und Inseln die Darstellung ihres Einflusses auf die Lebensverbreitung, und ebenso folgt der Besprechung der Küsten ein Abschnitt über das Leben der Küsten, in dem auch die Bedeutung der Küsten im Völkerleben gestreift wird. Landschaftliche Beschreibungen zeigen, wie die Vulkane, die Berge u. a., in ihren Umgebungen, überhaupt in der Natur, stehen und aus ihr heraus auf den Beschauer wirken. Aus demselben Grundgedanken gehen zahlreiche Ausführungen über die Entwickelung unseres Wissens von der Erde hervor, die in die Darstellung eingestreut sind. Denn nach meiner Auffassung gehört zum Bild der Erde nicht bloß die Registrierung der geographischen Thatsachen, sondern auch ihre Wirkung auf Sinn und Geist des Menschen. Da in allen Teilen der Geographie die Vergleichung zahlreicher, über die Erde zerstreuter Fälle, die unter den verschiedensten Bedingungen auftreten, ein unentbehrliches Werkzeug des Verständnisses der Gesetzmäßigkeiten ist, habe ich besonderen Wert darauf gelegt, gute, wenn auch gedrängte Beschreibungen in großer Zahl dem Texte einzufügen. Dabei sind auch minder hervorragende Erscheinungen berücksichtigt worden.

Was aber die Deutung des Wesens und der Ursachen derselben anbetrifft, so strebte ich, wo allgemeine Übereinstimmung noch nicht erzielt ist, verschiedene Auffassungen zum Wort kommen zu lassen. Keine Ansicht ist jedoch ungeprüft wiedergegeben, und Abweichungen von herrschenden Theorien sind so weit begründet, wie es die Rücksicht auf die Gemeinverständlichkeit zuließ. Die wichtigsten der benutzten Werke und Aufsätze wird man im zweiten Bande aufgeführt finden. Für persönliche Auskünfte und für Darleihung von Bildern und Karten möchte ich aber schon jetzt Dank sagen.

Leipzig, im August 1901.

F. Ratzel.

Inhalts=Verzeichnis.

Vorgeschichte und Geschichte der Erdkenntnis.

I. Die Erde und ihre Umwelt.

II. Die Wirkungen aus dem Inneren der Erde.

III. Land und Wasser, Festländer und Inseln.

IV. Die Küsten.

V. Gesteine, Schutt und Erdboden.

VI. Verwitterung und Erosion.

Verzeichnis der Abbildungen.

Kartenbeilagen.

Farbige Tafeln.

Schwarze Tafeln.

Abbildungen im Text.

Die Erde und das Leben.

Erster Band.

Vorgeschichte und Geschichte der Erdkenntnis.

1. Die Zeitalter der Entdeckungen.

Inhalt: Über den Wert der Geschichte der Erdkunde. — Die Vorgeschichte der Erdkunde. — Reiseberichte und Reisebeschreibungen. — Erdkenntnis der Griechen und Römer. — Mittelalterliche Reisende. Missionare und Mönche. — Die Geographie der Araber. — Das Zeitalter der großen Entdeckungen. — Die Entdeckungsfahrten der Portugiesen. — Kolumbus. — Die Entdeckung des Stillen Ozeans. — Kleinere Fahrten und Entdeckungen.

Über den Wert der Geschichte der Erdkunde.

Man lernt die Geographie nicht, ohne ihre Geschichte zu kennen. Das ist eine Eigentümlichkeit dieser Wissenschaft. In andern ist es nützlich, ihre Geschichte zu kennen, in der Geographie ist es notwendig. Zunächst ist die Geschichte der Geographie nicht bloß die Geschichte einer Wissenschaft, sondern sie ist ein Hauptstück der Weltgeschichte. Sie zeigt, wie ein Volk seines Bodens und die Menschheit ihrer Mutter Erde inne wird. Darum ist die Geschichte der Geographie auch keine bloße Gelehrtengeschichte, sondern sie berichtet Heldenthaten, die zu den kühnsten gehören. Die größten geographischen Entdeckungen sind hauptsächlich das Werk von unerschrocknen Wanderern und Seefahrern, Priestern, Soldaten und Kaufleuten. Wissenschaftliche Entdecker haben langsam die weiten Gebiete nachentdeckt, die ein Alexander oder Cäsar, ein Vasco da Gama oder Kolumbus im Flug ihrem Staate, ihrer Kultur, der Menschheit und endlich auch der Wissenschaft erobert hatten. Erst mußte ein Land gefunden sein, dann folgte die wissenschaftliche Inbesitznahme. Geographische Einsichten sind das Ergebnis und oft das dauerndste großer geschichtlicher Bewegungen. In unsrer Zeit ist z. B. die Förderung der Geographie so eng mit der Politik verbunden, daß die Geschichte der deutschen oder der italienischen Kolonisation in Afrika zugleich die Geschichte geographischer Arbeiten und Bestrebungen dieser Nationen in Afrika enthält. Aus Russisch-Zentralasien wurde 1867 geschrieben: „Jedes Vorrücken der bewaffneten Macht gibt den wissenschaftlichen Expeditionen ein größeres Feld, oft bis weit über die Militärposten hinaus; mit dem Fall von Samarkand ward das obere Naryn-thal geöffnet und in demselben Jahre durch Sewerzow der Tiën-schan überschritten." Diese enge Verbindung politischer Bewegungen mit geographischen Aufklärungen ist natürlich. Die Politik und die Strategie müssen den Boden kennen, den sie betreten; um ihn zu kennen, müssen sie geographisch arbeiten; und indem sie Orte bestimmen, Wege auslegen, Karten zeichnen, befestigen sie ihre Stellung darauf.

Man könnte eine Weltgeschichte schreiben, ohne die Geschichte der Zoologie oder der Botanik zu berühren, selbst ohne die großen Namen Linné und Cuvier zu nennen, aber die Geschichte der Geographie ist aufs innigste verbunden mit der allgemeinen politischen und Kulturgeschichte. Kolumbus und Cook gehören nicht bloß der Geschichte der Wissenschaften, sondern der Geschichte der Menschheit an.

Wohl ist auch ein Teil der Geschichte unsrer Wissenschaft reine Litteratur- oder Gelehrtengeschichte, und es gibt so manches geographische Buch, das keine Spur hinterlassen wird, außer dem Staub, der ihm aus allen Poren quillt. Liegt es doch in der Natur ihres Stoffes, daß geographische Werke leicht veralten. Aber die kleinste Hinausrückung des geographischen Gesichtskreises, sei es gegen den Nordpol zu oder im Herzen von Afrika, bedeutet immer eine Erweiterung des geschichtlichen Schauplatzes. Damit gehört sie, wenn es sich auch nur um ein paar Quadratmeilen handelt, zu den folgenreichsten geschichtlichen Ereignissen. So ist aber überhaupt jede Vertiefung unsres geographischen Wissens ein Fortschritt in der Entwickelung unsrer Beziehungen zu unsrem Mutterboden.

Man sieht, eine äußere und eine innere Geschichte verflechten sich hier: eine äußere, weil die Geographie die ganze Oberfläche der Erde übersehen muß, wozu die Bewältigung der Hindernisse durch Kraft und Ausdauer gehört; und eine innere, weil die Geographie die Gesetze erforschen muß, welche die Beziehungen der Teile und Bestandteile der Erdoberfläche zu einander und zur Gesamterde regeln. Die beiden wachsen im Verlauf der Zeit immer mehr zusammen, denn sie nähren sich gleichsam voneinander. Eine stärkt die andere: der gelehrte Toscanelli versenkt sich in den Ptolemäos und zeichnet die Karte, nach welcher der kühne Kolumbus seine ungeahnt folgenreiche Westfahrt unternimmt. Und der umgekehrte Fall: der ältere Roß entdeckt 1830 den magnetischen Nordpol und gibt damit der jungen Wissenschaft vom Erdmagnetismus den wichtigsten Baustein zum Ausbau ihrer Theorie. Aber in den Anfängen sind die Geschichte der Entdeckungen und die Geschichte der wissenschaftlichen Geographie weit getrennt. Die längste Zeit, namentlich in der Zeit der großen Entdeckungen, gingen sie nebeneinander auf Wegen her, die sich nur selten berührten oder kreuzten und erst vor 150 Jahren zusammengetroffen sind. In dem einen Zeitraum wird vorzugsweise die wissenschaftliche Geographie gepflegt, in dem andern schreiten rüstiger die Entdeckungen voran. Und indem die geschichtlichen Völker nacheinander die Leitung der Weltgeschicke übernehmen, fällt ihnen immer auch die Förderung der Weltkenntnis anheim. Je nach Lage und Anlage wirken sie dabei mehr auf dem einen oder auf dem andern Wege. Wo in einem weltgeschichtlichen Augenblick die größte Macht oder das stärkste politische und wirtschaftliche Ausdehnungsbedürfnis ist, da fließen die geographischen Neuigkeiten zusammen, da fühlt man die Notwendigkeit, sich geographisch zu unterrichten. Die Griechen und Deutschen haben sich mehr Verdienste um die Wissenschaft erworben, die Römer, Spanier, Niederländer und Engländer haben am kräftigsten die Entdeckungen gefördert. Für die Auffindung Amerikas haben wir Deutsche praktisch unbegreiflich wenig gethan; wir dürfen das offen bekennen, weil wir dann später durch Bücher, Karten und Instrumente viel für die Entschleierung jenes Erdteils geleistet haben.

Das Ergebnis dieser Arbeiten der Ausbreitung und Vertiefung ist nicht mehr in die Beiträge zu zerlegen, welche die eine und die andre Richtung gebracht hat. Nur im geschichtlichen Überblick tritt bald diese, bald jene mehr hervor. Vor allem aber ist das graue Alter der Geographie eine Grundthatsache der Geschichte des menschlichen Geistes überhaupt; denn mit der Geschichte der ersten Entdeckungen, die seinen Horizont erweiterten und alle anderen nach sich zogen, beginnt im Grunde auch die Geographie.

Die Abhängigkeit der geographischen Wissenschaft von der Erweiterung des geographischen Horizontes verflocht zwar die Geographie mit den mannigfaltigen Interessen, die von dieser Erweiterung Befriedigung erwarten, und machte sie zeitweilig sehr populär, hemmte aber zugleich ihre wissenschaftliche Entwickelung. Auf der einen Seite blieben trotz der ausgedehntesten Reisen noch immer große Probleme ungelöst, auf der andern brachten die Reisen manches Unreife, Unfertige, auch geradezu Falsches in unsre Wissenschaft herein. Die großen Lücken verkleinerten sich nur langsam, und so manches wurde in sie hineingedacht und -gedichtet, was später wieder ausgewischt werden mußte. Zwar ist diese Abhängigkeit samt der dadurch bedingten Unreife schwächer geworden, je mehr die Reisenden sich selbst mit geographischer Wissenschaft durchtränkten. Aber immer bleibt es so, daß in der Geschichte der Geographie das Ringen mit falschen Vorstellungen und Theorien eine noch viel größere Stellung einnimmt als in andern Wissenschaften; denn da die Menschen sich über die Erde, die ihnen näher und wichtiger als alles andere ist, besinnen und irgend eine allgemeine Vorstellung machen müssen, auch wenn sie keine vollständige Kenntnis von ihr haben, so hat jedes Zeitalter seine eigenen, obwohl unvollkommenen Bilder der Erde hervorgebracht, und die Geographie hat sie immer von neuem wieder korrigieren müssen.

Es ist ein eignes Ding um diese Vereinigung von Lebensgebiet und Forschungsgegenstand. Wir erforschen die Erde, und dieselbe Erde bestimmt den Gang unsrer Geschichte und damit auch unsrer Forschung. Der Geist brandet an die Ufer der Zeitlichkeit, die hier eine friedliche Bucht öffnen und dort ein schroffes Vorgebirge entgegenbauen; hier erleichtert ein Erdraum den Fortschritt des Wissens, dort stellt sich ein andrer hemmend entgegen. Daher ein Fortschreiten der Geographie in merkwürdiger Abhängigkeit von der Natur des Bodens und der Verbreitung der Völker. Das Mittelmeer und die alten Kulturländer Vorderasiens sind der erste Schauplatz der Geographie, der daher auch das erste wissenschaftliche Bild der Welt bestimmt. Der Gang der alten Kultur nach Westen und Norden zieht West- und Nordeuropa herein, und es folgen die frühesten Querungen eines großen Meeres, des atlantischen. Der Islam rückt das mittlere Afrika und Asien in ein halbwissenschaftliches Dämmerlicht. Von den atlantischen Völkern Europas gehen die Unternehmungen im Atlantischen Ozean aus, die nach Amerika und um Afrika herum führen. Und das neue Erblühen der alten Kultur auf dem Boden, den einst das römische Reich in Mittel- und Westeuropa kolonisiert hatte, schuf die neue Geographie, die in ihrer weiteren Entwickelung sich eng mit dem Ausbreitungsbedürfnis der Völker Europas verband, so daß die Europäisierung der Erde Hand in Hand mit ihrer wissenschaftlichen Eroberung ging und noch lange gehen wird.

Die Vorgeschichte der Erdkunde.

Alle Wissenschaften wurzeln in frühen vorgeschichtlichen Ahnungen und Strebungen, am tiefsten die Geographie, die aus einem der elementarsten Bedürfnisse des Menschen hervorgeht, denn dieser muß seinen Boden kennen lernen, den Boden, auf den er nicht bloß gestellt ist, dem er vielmehr in dem tiefern Sinne angehört, daß er aus ihm selbst hervorgegangen ist.

Jede Familie, die sich von der Sippe abzweigte, um sich in der nächsten Waldparzelle eine neue Heimat zu roden, trug zur Entdeckung der Erde bei. Es war nur ein kleines Schrittchen, das sie machte; aber solche Schrittchen haben sich aneinandergereiht, sie wurden zu Schritten und sind mit dem Wachsen der Volkszahl immer häufiger geworden. So haben sie sich zu Ketten zusammengeschlossen, welche die Erde auf tausenderlei Wegen durchmessen und umschlingen. So

ist mit der Zeit ein Land so bekannt und vertraut geworden, wie vordem eine Waldlichtung gewesen war. Aber dieses Wachstum der Erdkenntnis konnte keineswegs ruhig fortschreiten. Die Völker bekriegten und verdrängten einander. Kundige Völker verschwanden, rohe traten an ihre Stelle und mußten von neuem zu lernen anfangen.

Zehntausende von Jahren vergingen, bis vor dem geistigen Blick eines Volkes ein Raum wie der der Homerischen Welt lag, die doch nicht einmal das Mittelmeer ausfüllte. Noch heute gibt es Völker von ungemein engem Horizont. Es ist noch nicht der engste, der jenes intelligenten Balubaherrschers Tschingenge, des Freundes von Wissmann und Wolf, der ein Gebiet von vielleicht dem dritten Teile Deutschlands kannte. Es gibt in Afrika Waldstämme, die nichts von einer Niederlassung wissen, die einen starken Tagemarsch entfernt ist. Sie verbergen sich gleichsam in ihrer Unwissenheit, wie sie sich in der Dämmerung ihres Urwaldgrenzsaumes verstecken. Die Geographie gebraucht viel tausend Namen, die Flüssen, Bergen und Wäldern von vergessenen Völkern ohne Schrift und Überlieferung beigelegt worden sind; wo man auf ihren Ursprung zurückgehen kann, sind es immer Namen beschränkter Gebiete. Solchen Völkern ist kein Fluß, sondern nur ein Abschnitt eines Flusses, kein Gebirge, sondern ein Berg, kein Festland, sondern nur ein Stück Land bekannt. Der Fluß heißt Wasser, der Berg heißt Wald. Nichts beweist aber besser die Enge des Horizontes, in dem solche Namen geboren worden sind, als daß Völker sich einfach Menschen nennen, und daß viele Völker in ihrem Lande die Mitte der Welt zu haben glauben. Daneben gibt es thätige, ausgreifende Völker, die viel weiter schauen, als man bei ihrer sonstigen Bildung annehmen sollte. Die islamitischen Haussa, Mandingo, Fulbe sind gar nicht selten, die vom Westrand Afrikas nach Mekka reisen, eine gefährliche Durchquerung der Wüste wagend. Noch überraschender sind die weiten Fahrten der Ozeanier, die vor hundert Jahren noch kein Eisen hatten, geschweige denn den Kompaß: geleitet von den Sternen und von den regelmäßigen Linien der Dünungswelle, die sie unter bekannten Winkeln schnitten, haben sie unglaubliche Strecken inselleeren Meeres durchmessen. Diese Schiffahrt der Ozeanier ist der laute Protest gegen die Auffassung, daß es vor dem Kompaß nur Küstenschiffahrt gegeben habe. Hätten die Ozeanier ihre Entdeckungen litterarisch festgelegt, so würden wir sie nach dem Umfang ihres praktischen geographischen Wissens hoch über die Kinder Israels stellen müssen.

Der Ortssinn ist besonders bei Wüsten- und Seevölkern überraschend. Wenn wir auch wissen, daß sie, um ihre Wege zu finden, nicht bloß die Sterne, sondern die Beschaffenheit des Bodens, die Richtung der Dünenzüge und der Wellenrücken, die Vegetation, die Tierspuren und den Flug der Vögel, den Wind und den Geruch zu Hilfe nehmen, so begreifen wir doch nicht alle die Mittel und Wege, mit denen sie ihre Ziele über Hunderte von Meilen zu erreichen wissen. Diesem Ortssinn oder Orientierungsvermögen entspricht die Klarheit ihrer geographischen Vorstellungen, die so manchen Reisenden erstaunt hat, den solche Völker Wege finden und durch Erkundigungen das Selbstgesehene vervollständigen lehrten. Wir haben Proben von geographischen Karten, die Indianer, Polynesier, Eskimo, Neger gezeichnet haben. Darunter sind Eskimokarten von solcher Genauigkeit, daß ihre Umrisse fast mit denen der Aufnahmen europäischer Seeleute übereinstimmten. Aber wo auch in Einzelheiten die Natur nicht treu wiedergegeben ist, stimmt doch im allgemeinen die Größe und Lage.

Die Geschichte der Entdeckungen erscheint also nicht im richtigen Lichte, wenn man immer nur die wohlverbrieften Großthaten, deren Ruhm Mit- und Nachwelt verkündigt, aneinanderreiht, nur aus diesen die Kette der Ereignisse sich erzeugen läßt. Auch jede Entdeckung hat ihre Vorläufer, so wie jede Erfindung mehrere Male gemacht werden muß. Das Wesen der großen,

ruhmvollen Entdeckung ruht dann hauptsächlich darin, daß sie zu einer unverlierbaren gemacht wird, daß durch sie dem Schatz des Wissens und Könnens der Menschheit etwas Dauerndes zugefügt wird. Die Erde ist viel zu klein, als daß selbst Wege, wie sie Kolumbus oder Vasco da Gama erfolgreich beschritten, nicht auch von andern früher gemacht worden sein sollten, sei es aus Zufall oder planmäßig. Zwischen Japan und dem Lande um den Columbiafluß in Nordamerika liegt fast doppelt soviel Meeresraum wie zwischen Amerika und Europa; und doch sind Fälle von Verschlagung japanischer Schiffe bis an die nordwestamerikanische Küste eine mehrfach bezeugte Thatsache. Wenn dasselbe, wie durchaus wahrscheinlich, auf der andern Seite Amerikas phönikischen oder griechischen Schiffern geschah, so fehlte zur Entdeckung wiederum nur eins: der Rückweg und die unverlierbare Einprägung des Neugesehenen in den Geist der Mit- und Nachwelt.

Die Frage: Wie stehen wir zur Erde? hat ihr Rätselauge auch auf Menschen gerichtet, die noch kein einziges Werkzeug der Wissenschaft besaßen. Was blieb ihnen übrig, als mit Träumen und Ahnungen zu antworten? Das Verhältnis des Menschen zur Erde bildet den Kern der merkwürdigsten Mythen, die in auffallend ähnlicher Form bei den entlegensten Völkern auftauchen. Mit der Schöpfung der Erde als Befreiung aus dem Flüssigen, die als ein Heraufgebrachtwerden aus der Tiefe des Meeres im Netz, an der Angel oder im Munde eines tauchenden Tieres gedacht und gedichtet wird, verbindet sich das Hervorgehen des Menschen aus dieser jugendlichen Erde. Als Mutter des Menschen bleibt die Erde ihren Kindern heilig. Ein enger Erdraum ist die Heimat, und in seinem Mittelpunkte trägt er einen in die Wolken hineinragenden Berg, den Sitz der Götter dieser Erde, den Olymp, den Nabel des Erdschildes. Von ihm kommen die Flüsse herab, an seinen Abhängen sind übereinander geschichtet die Geschöpfe aller Zonen entstanden: der Schöpfungsberg. In der mittelalterlich-christlichen Form des Paradiesberges mit seinen Strömen ist diese Vorstellung selbst noch in den Gedanken zu finden, die sich Geister wie R. Forster und Pallas von dem Ursprung der Pflanzen und Tiere und ihrer Verbreitung über die Erde machten. Ja, diese Vorstellung hat bis in unsre Tage nachgewirkt. Die Vorliebe, womit der Ursprung der Arier in Innerasien gesucht wurde, ist ein verspätetes, blasses Kind davon.

Wo auf dieser Stufe der Geist sich die ganze Erde vorstellen will, sieht er nur, was ihn umgibt, soweit sein Auge reicht: eine Ebene, ein Thal, eine Küste mit einem Stück Meer. Der italienische Reisende Cecchi erzählt, daß die Geräge-Häuptlinge südlich von Schoa ihn fragten, ob er auch an der Stelle gewesen sei, wo der Himmel ein Ende hat und die Sterne mit den Händen zu fassen sind? Das mutet uns wie ein steingewordenes Homerisches Erdbild an.

Aber nicht bloß Homer dachte sich so die Welt. Es ist die am weitesten verbreitete Vorstellung, daß die Erde eine Scheibe sei, die überall von Wasser umgeben und vom Himmel wie von einer Glocke bedeckt werde. So wie es uns bei Homer und Hesiod erscheint, ist dieses Erdbild schon deutlich das Erzeugnis eines Volkes, das in einer engen, aber formenreichen Welt, im Ägäischen Meer, sich nach allen Seiten umgesehen und das Wissen der Nachbarvölker in sich aufgenommen hatte: das Ägäische Meer in der Mitte der Erdscheibe, die von Sizilien bis Syrien reicht, auf der Ägypten und Kleinasien liegen, das Ganze umflossen vom Okeanos: so war das Erdbild Homers. Hesiod blickt schon darüber hinaus, da er Italien kennt und in seinem Gesichtskreis sowohl der Nordrand des Schwarzen Meeres und die Donau als auch die Meerenge von Gibraltar auftaucht. Aber die ozeanumflossene Erdscheibe bleibt auch *seine* enge Welt.

Reiseberichte und Reisebeschreibungen.

So wie geographische Entdeckungen zu den ältesten fortwirkenden Geistesthaten gehören, stehen die Schilderungen der Wege, die dazu geführt haben, mit an der Spitze aller Überlieferungen. Reiseberichte, Reisebeschreibungen gehören zu den frühesten Urkunden der Völker. Die älteste Geschichte tritt uns als Wandergeschichte entgegen. Die Geschichte der Delawaren, wie sie uns ihr bester Kenner, der würdige Missionar Heckewelder, erzählt hat, setzt sich aus lauter Kreuz- und Querzügen, Teilungen, Verdrängungen zusammen. Die Ozeanier irgend einer entlegenen Insel beginnen ihre Geschichten mit Auswanderung und Seefahrt. Und als den Erzähler der Fahrten des Odysseus beanspruchten die späteren griechischen Geographen Homer als ihren Ahnen. Aus solchen Wandergeschichten schöpfte eine ursprünglichste Länder- und Völkerkunde, so wie noch heute die Geographie auf Reiseberichte in allen Formen zurückgehen muß. Nur sind die geographischen Ergebnisse darin in den ältesten Zeiten ein zufälliger Nebengewinn; erst von den Griechen sind sie zum ersten Male bewußt angestrebt und aufgesucht worden.

Kriegszüge, Gesandtschaftsreisen, Verschlagungen, dann Handelszüge boten die frühesten Gelegenheiten zur Sammlung geographischer Erfahrungen. Solcher Art war das Material, aus dem sich die geographischen Kenntnisse der Chinesen aufbauten, die zweitausend Jahre vor den Europäern das Innere Asiens einigermaßen genau kannten, allerdings ohne sich eine klare Vorstellung auch nur vom Zusammenhang seiner Gebirge bilden zu können.

Aus den ältesten geschriebenen geographischen Urkunden, die wir kennen, den Steininschriften und Papyrusrollen der Ägypter, wissen wir, daß die Söhne des schwarzen Landes um 1000 v. Chr. bereits beträchtliche Kenntnisse über Länder und Völker ihrer Nachbarschaft besaßen. Die Ägypter kannten die westlich von ihnen wohnenden Völker heller Hautfarbe, die Berber, deren Reste wir heute in den Kabylen des Atlasgebirges finden; sie hatten Verkehr mit ihnen, wie aus der Thatsache erhellt, daß bei Constantine (Algerien) ägyptische Altertümer entdeckt worden sind. Sie kannten von der Wüste den östlichsten Teil, den wir die Libysche Wüste nennen, in deren Oasen man großartige Reste ägyptischer Tempel aufgefunden hat; und nilaufwärts hat man Reste von solchen bis über den wichtigsten Punkt des ganzen obern Nilgebietes, den Zusammenfluß des Weißen und des Blauen Nils bei Chartum, nachgewiesen. Sie kannten das Rote Meer, in dessen nördlichem Teile sie einige Häfen besaßen; und ihre Gesandten und Kaufleute müssen von den Wegen in Vorderasien zwischen Tigris und Mittelmeer und zwischen Armenien und Arabien gewußt haben. Wenn wir auf der mosaischen Völkertafel im zehnten Kapitel der Genesis die aus Noahs Samen entsprossenen Völker aufgezeichnet sehen, geordnet unter die Noachiden Sem, Ham und Japhet, so stehen wir ungefähr in demselben Gesichtskreis, den die Ägypter überschauten, indem sie die Söhne Sems im Euphrat- und Tigrisgebiet und im nördlichen Arabien, die Söhne Hams zu beiden Seiten des Roten Meeres und in Nordafrika und die Söhne Japhets von Armenien bis zum Ägäischen Meer erblickten. Auffallend ist dabei, daß gerade hier die von den Ägyptern auf ihren Wandbildern so naturtreu dargestellten Neger fehlen.

Die Phöniker bleiben für alle Zeiten der Typus des Volkes, das auf Handels- und Verkehrswegen Weltkunde erwirbt und ausbreitet. Aus einem Land am Persischen Meerbusen waren sie an die syrische Küste gekommen und hatten dort in einer Zeit, die weit in das zweite Jahrtausend v. Chr. hinaufreicht, eine reiche Handelsstadt, Sidon, gegründet, dem zur Seite sich später das nachmals noch weit berühmter gewordene Tyrus entwickelte. Aus Händlern zu

Land wurden sie Seefahrer, die im Westen Karthago und Gades schufen, an den Nordwestküsten Afrikas siedelten, die Zinninseln an der Südwestseite Britanniens besuchten, Bernstein von der Nordsee holten und im Südosten Goldländer (Ophir) an den Gestaden des Indischen Ozeans kannten. Trotz dieser Weite des Horizontes blieb aber ihre Wissenschaft gering. Die sedentären Kulturvölker im Euphrat-, Tigris- und Nilgebiet scheinen weit mehr davon besessen zu haben. Nur aus politischen oder wirtschaftlichen Gründen haben die Phöniker zur Erweiterung des Gesichtskreises beigetragen.

Glänzend scheint eine einzige Leistung hervorzuragen, die, wenn sie außer Zweifel stände, alles überstrahlen würde, was das Altertum auf dem Felde geographischer Entdeckungen geleistet hat. Es ist jene von phönikischen Schiffern auf Befehl Nechos unternommene Umsegelung Afrikas, von der Herodot in einer an sich glaubwürdigen Weise berichtet. Die Phöniker seien durch das Arabische Meer hinausgefahren, hätten an der Küste Afrikas hin ihren Weg genommen und seien im dritten Jahr durch die Säulen des Herkules, wie befohlen, wieder zurückgekehrt. Sie hätten ihre Fahrt unterbrochen, wenn es Herbst wurde, seien gelandet und hätten gesäet und geerntet. Die Morgensonne hätten sie zur Rechten gehabt. Gerade dieses findet Herodot unglaublich! Der Bericht klingt durchaus glaubwürdig, und wer sich etwa über ein so großes Unternehmen wundern möchte, erwäge, daß für jene, die es planten, Afrika im Süden wenig über den Äquator hinausreichte.

Ein Fehler des Weltbildes stärkte also den Mut, Beispielloses zu unternehmen, hier wie später im Falle des Kolumbus. An nautischer Geschicklichkeit war kein großer Unterschied zwischen den Phönikern Nechos und den Portugiesen Heinrichs des Seefahrers. Die Fahrten des Hanno und des Pytheas (um 330 v. Chr.) zeigen, daß bei diesem Unternehmen überhaupt nicht das Können im Vordergrunde steht, sondern das Wollen. Wenn Malayen von Sumatra aus Madagaskar erreichten, warum sollten nicht Phöniker das Nadelkap umfahren? Herodot stand nicht so tief, daß er einen Lügenbericht nicht durchschaut hätte. Seine Erzählung ist vielmehr das erste Beispiel einer durch bloße Erkundigung gewonnenen Aufklärung, für die uns die Entdeckungsgeschichte Afrikas so viele andre Beispiele bietet. Herodot ist darin der Vorgänger von vielen neueren Reisenden. Wir können an unsern Heinrich Barth erinnern, dieses Genie in der Kunst des Fragens und Erkundens. Freilich ist bei dieser Phönikerfahrt der Mangel aller Nachwirkung merkwürdig. Es war eine von den Entdeckungsfahrten, die für Wissenschaft und Gesittung unfruchtbar bleiben, weil kein mächtiges Bedürfnis hinter ihnen nachdrängt. Peschel hat sie daher ganz passend mit der „verfrühten" Entdeckung Amerikas durch die Normannen verglichen. Zweitausend Jahre später erst gewann nach so manchem tastenden Versuch die Menschheit Kunde von der Gestalt und Größe Afrikas. Und da hat sich denn allerdings erstaunlicherweise kein Widerspruch zwischen den Entdeckungen der Portugiesen und dem Berichte des Herodot gezeigt.

Von einem Anfang der Umschiffung Afrikas von der atlantischen Seite her haben wir einen viel genaueren Bericht, der nicht anzuzweifeln ist. Hanno, ein karthagischer Admiral, fuhr im 6. Jahrhundert, wahrscheinlich um 570, mit einer Flotte von 60 Fünfzigruderern, die Tausende von Kolonisten trug, an der Nordwestküste Afrikas hin, legte Städte jenseit des dichtbewaldeten libyschen Vorgebirges an, kam an verschiedenen Inseln und Flüssen vorüber und erreichte unter zunehmender Wärme einen Küstenstrich im Meerbusen von Guinea, wo ein thätiger Vulkan Feuer auswarf. Man glaubt das Kap Cantin, den Wadi Dráa, die Insel Arguin, den Senegal wiederzufinden; wahrscheinlich endete die Fahrt in der Nähe der Sierra Leone, wo vielleicht in dem Berge Susu oder Chagres der Götterwagen (θεων όχημα) der alten

griechischen Übersetzung zu erkennen ist, die uns allein von dem in einem karthagischen Tempel aufbewahrten punischen Bericht über diese Fahrt erhalten ist. Die Grenze zwischen Ansässigen und Nomaden am Lixus, der Elefant am Südfuße des Atlas, der Gorilla in den Küstenwäldern Guineas, hier zuerst genannt und erst vor 40 Jahren wiederentdeckt, sind einige von den Angaben, die in ihrer einfachen Bestimmtheit die Treue des Berichts bezeugen.

Erdkenntnis der Griechen und Römer.

Es ist bezeichnend, daß wir Hannos Bericht nur aus griechischer Überlieferung kennen, und daß nur sie uns die Fahrt um Afrika, wenn auch wie ein Reisemärchen, erzählt. Die Weltkenntnis der alten Kulturvölker Westasiens und Nordafrikas floß bei den Griechen zusammen, die dann noch, auf den Spuren der Phöniker einhergehend, ihre eignen Erfahrungen hinzufügten. Langsam bildete sich dabei das ihnen Eigenste und für die Menschheit Folgenreichste, die Wissenschaft, heraus, die bald auch die Reisen mancher Griechen auf eine höhere Stufe heben sollte. Noch fast mythisch muten uns Person und Fahrten des um die Mitte des 7. Jahrhunderts v. Chr. lebenden Aristeas von Prokonnesos an. Allein von seinem Gedicht „Arimaspeia“ sind beglaubigte Bruchstücke vorhanden. Aristeas hat darin seine Reise zu den Skythen und Issedonen erzählt und berichtet, was er dort von den weiter im Norden wohnenden einäugigen Arimaspen, die Gold gewinnen, und von den Hyperboreern gehört hatte. Er erklärte den Einfall der Kimmerier in Asien in ganz verständlicher Weise durch kriegerisches Drängen der Völker gegeneinander. Herodot hat die Reihe der hintereinander wohnenden und einander bedrängenden Völker, die mit den Hyperboreern schloß, reproduziert. Dem Aristeas ist der Weg durch Innerasien zu den Chinesen bekannt gewesen. Er setzt ein äußeres Meer, an dem die Hyperboreer wohnen, dem inneren, dem Pontus Euxinus, entgegen, an dem die Kimmerier ihre Sitze haben.

Die weite Trennung des Entdeckens und des stillen Forschens in der Geographie hatte sich vielleicht am vollständigsten in dem einzigen Pytheas von Massilia, einem Griechen, aufgehoben, der nach langer Verkennung uns heute als ein kühner Entdeckungsreisender erscheint, der seine Fragen an die neuen Erscheinungen als Astronom und Geograph zu stellen wußte. Man hat ihn als den ersten Nordpolfahrer bezeichnet; wesentlicher ist es indessen, daß er der erste wissenschaftliche Entdeckungsreisende genannt werden darf. Pytheas maß in hohen nördlichen Breiten Polhöhen und brachte von dorther die ersten Beobachtungen über die Polarnacht. Wie weit er selbst über Britannien hinausgekommen ist, wissen wir nicht; seine Erkundigungen erreichten jedenfalls den Polarkreis. Pytheas hat die mächtigen Gezeiten der europäischen Westgestade gekannt und den Zusammenhang zwischen diesen Gezeiten und dem Gang des Mondes beobachtet. Alle richtigen Vorstellungen, welche die Welt vor der Eroberung Galliens und Britanniens über den Westen und Norden Europas hatte, alle Vorstellungen von dem Zustand und Wandel der Natur am Polarkreis, die sie bis zur Wiederentdeckung Islands durch die Normannen im 9. christlichen Jahrhundert hegte, führen auf diesen Pytheas zurück. Die Mitternachtssonne, das Nordlicht, das gefrorne Meer finden wir zum erstenmal bei ihm. Grund genug, daß Dikäarch ihn anzweifelte, Polybius und Strabo ihn Lügner nannten: das größte und wahrhaft tragische Beispiel von der Herabsetzung einer höchst wertvollen Reise auf die Stufe der Lügenreisen. „Mit seinem Ansehen aber ging so ziemlich alles zu Grunde, was er für die Geographie geleistet hatte.“ (Berger.)

Eine große Schule von Gelehrten des Altertums erklärte Homer für den ersten und größten Geographen. Krates von Mallos, der im 2. Jahrhundert v. Chr. in Pergamon lehrte, hat diese Auffassung in ein System gebracht, das er dem astronomisch begründeten Erdbilde der großen alexandrinischen Geographen entgegenstellte. Es wurde vorausgesetzt, daß Homer alle die Länder besucht habe, deren er Erwähnung thut, und daß er seine Kenntnis besonders in der Geschichte der Irrfahrten des Odysseus und Menelaos in Bildern und Andeutungen niedergelegt habe. Ein merkwürdiger Beweis, wie innig Wissenschaft und Poesie damals noch zusammengingen! Sehen wir von der Übertreibung ab, die darin liegt, einen auf das Schöne gerichteten Dichter als den besten Kenner der Erde hinzustellen, so ist ja unzweifelhaft eine Fülle geographischer Thatsachen in interessanter Auffassung in den Homerischen Gedichten niedergelegt. Was nun auch der Sänger selbst gesehen haben mochte, zweierlei geht aus dem geographischen Gehalt seiner Gedichte hervor: daß die Griechen im vorwissenschaftlichen Zeitalter eine Menge von Kenntnissen über Länder und Völker des Mittelmeeres besaßen, die unter ihnen Schiffer und Kaufleute in Form von Reiseerzählungen verbreitet hatten, und daß diese Reiseerzählungen einen wesentlichen und besonders beliebten Bestandteil dessen bildeten, was in Singen und Sagen hoch und niedrig unterhielt und bewegte.



Alexander der Große. Nach Imhoof-Blumer, „Porträtköpfe auf Münzen hellenischer Völker“, Leipzig 1885.

Im 5. Jahrhundert macht Herodot seine Reisen zu den alten Kulturvölkern Asiens und Afrikas, deren Geschichte und Zustände ihn so über alles andere interessieren, daß die Länder- und Völkerkunde ihm als der anregendste Teil dessen erscheint, was in seinem noch engen Kreise Weltgeschichte genannt werden konnte. Alle griechischen Geschichtschreiber haben ihre Erzählung mit länder- und völkerkundlichen Elementen durchsetzt, Herodot am meisten, der überhaupt zur Geographie in einem engeren Verhältnis gestanden hat als die eigentlichen Historiker. Er hat ebensowohl die ionische Geographie der Erdscheibe wie die pythagoreische der Erdkugel gekannt. Er gehörte zu denen, welche die ionische Geographie stürzen halfen, weil seine Reisen ihn die Beschränktheit und Unrichtigkeit ihrer Erdkarte kennen lehrten. Und seine Schilderungen sind uns nicht am wenigsten dadurch interessant, daß sie uns Quellen erkennen lassen, wie des Skylax' Werk über Indien und den Indus, die uns nicht oder nicht rein erhalten sind.

Die Umgestaltung der griechischen Macht- und Verkehrsverhältnisse, die mit dem Zuge Alexanders des Großen (s. die obenstehende Abbildung) nach Asien ihren Anfang nahm, erweiterte mächtig den Gesichtskreis der Alten. Der Ausbreitung der Weltkenntnis lagen auch jetzt noch zahlreiche Reiseberichte zu Grunde, viel mehr als früher; aber diese verwerteten nicht bloß zufällige Beobachtungen, das Nebenprodukt der kaufmännischen Thätigkeit und nautischen Unternehmung, sondern die genauen ausführlichen Untersuchungen der die Heere begleitenden Gelehrten und Schrittzähler, die seit Jahrhunderten aufgehäuften Schätze an Beobachtungen aus den babylonischen und assyrischen Tempelbibliotheken und die Berichte der mit Küstenaufnahmen betrauten Führer von Kriegsschiffen. Die wenigen erhaltnen Reste lassen vermuten, daß die

Ergebnisse systematischer Aufnahmen in Form von umfassenden Landesbeschreibungen ans Licht traten. Von der Richtung der Küsten und Gebirge an bis zur Lebensweise der Bewohner wurde alles berücksichtigt. Aber leider ist nicht viel davon in den Schatz der alten Geographie übergegangen. Werke wie die des Ktesias (5. Jahrhundert v. Chr.) über Medien und Indien, des Seefahrers Nearch über den Indischen Ozean kennen wir nur aus Bruchstücken und Auszügen in Arrians Geschichte der Feldzüge Alexanders des Großen, die ein halbes Jahrtausend später erschien.

Einen ähnlichen Einfluß wie die Eroberungszüge Alexanders übten auf die Erweiterung des geographischen Wissens in noch größerem Maße die Kriegszüge der Römer aus, und wie immer schloß sich die beschreibende Geographie der Erschließung neuer Länder und Völker an. Wenn mit den Griechen die wissenschaftliche Geographie im höhern Sinne für ein paar Jahrhunderte zur Rüste ging, so erweiterten doch mit den römischen Feldherren auch die römischen Geschichtschreiber und Agrimensoren (Feldvermesser) die Kenntnis der Erde. Westeuropa trat ganz in das helle Licht der Geschichte des römischen Staates, das westliche Mitteleuropa, die nördliche Balkanhalbinsel, das Alpenland wurden zum erstenmal genauer bekannt. Die Dämmerung, welche für die Griechen über diesen Ländern gelegen hatte, wich nun zurück, und wir sehen in undeutlichen Zügen die Weichselländer, Skandinavien, in Afrika den Sudân und das Nilthal bis zum Sobat, in Asien die großen Steppen des Innern auftauchen. Man sieht den Ostrand Asiens von einem Ozean bespült, von dem man annimmt, daß er das eigentliche große Meer sei, das zwischen dem östlichen und westlichen Gestade der bewohnten Welt flute. So ist die Weltvorstellung am Lebensabende der Antike; Toscanelli und Kolumbus werden nach mehr als tausend Jahren an sie anknüpfen.

Mittelalterliche Reisende. Missionare und Mönche.

Mit der Ausbreitung des Christentums und des Islam beginnt eine neue Art entdeckender und erforschender Thätigkeit, die noch bis heute fortfährt, ihre Früchte für die Erdkunde zu tragen: die Missionsthätigkeit. In ihrem Wesen liegt es, die Völker mehr als die Länder zu beachten. Die Mission blieb nicht auf das Christentum beschränkt: buddhistische Missionare hat es früher gegeben und mohammedanische haben uns ihre Berichte hinterlassen. Von der deutschen geographischen Litteratur läßt sich sagen, daß sie recht eigentlich aus der Notwendigkeit hervorgegangen ist, die heidnischen Länder des Nordens und Ostens kennen zu lernen, zu denen das Kreuz getragen werden sollte. Deutsche Missionare gingen vom 11. Jahrhundert an nach Skandinavien, Island und Rußland. Aus ihren Berichten schöpfte Adam von Bremen (zweite Hälfte des 11. Jahrhunderts) für seine Hamburgische Kirchengeschichte, die wesentlich eine Geschichte der deutschen Mission in Nord- und Osteuropa ist.

Als die Angriffe der Mongolen gegen den Islam hoffen ließen, daß das Christentum in jenen einen Bundesgenossen finden könnte, sandten die Päpste mehrere Mönche nach Zentralasien an die dort neu erstehende Macht. Johann Plan de Carpin besuchte 1245, Wilhelm von Rubruk 1253 die Große Horde, Simon von St. Quentin um dieselbe Zeit den Befehlshaber der mongolischen Armee in Persien. Wir können uns von der Vorbereitung dieser Männer eine Vorstellung machen, wenn wir von Rubruk hören, daß ihn der erste Anblick der Chinesen am Hoflager des Großchan gleich an die „Seres" der klassischen Geographie erinnerte. Mit Recht nennt Peschel Rubruks Bericht ein Meisterstück mittelalterlicher Reiseschilderung. Indessen erreichte die höchste Stufe der Reisebericht des Venezianers Marco Polo (s. die Abbildung,

S. 14), der im letzten Drittel des 13. Jahrhunderts als Kaufmann nach China kam, dann als Vertrauter Kublai Chans China, Hinterindien und Indien besuchte. Erst als, 1295 zurückgekehrt, Marco Polo als Kriegsgefangener in Genua saß, diktierte er einem Mitgefangenen von litterarischen Neigungen und Fähigkeiten, Rusticiano aus Pisa, seine Erzählung in die Feder. Um 1325 war er tot. Über die nächsten Schicksale des Werkes von Polo sind wir im Dunkeln. Es scheint über allen Zweifel erhaben, daß das älteste Manuskript in französischer Sprache verfaßt war, daß aber eine jüngere italienische Handschrift von Ramusio aus spätern Aufzeichnungen des Reisenden geschöpft haben muß. So haben wir eigentlich zwei erste Quellen, eine französische und eine italienische, die sich ungemein rasch vervielfältigt haben, auch bald in Deutschland in zwei weitverbreiteten, in vielen Handschriften erhaltenen Übersetzungen auftauchten und zu den am frühesten gedruckten Büchern gehören. Ein Mann von Klugheit, von einfachem und klarem Geiste schildert hier einen weiteren Bereich als vor ihm irgend ein Reisender: von Sumatra bis Sibirien, vom Pontus bis Japan. Die Erzählung ist noch lange nicht alt geworden, vielmehr hat man sie immer treuer befunden, je besser man sie hat prüfen lernen. Das Buch enthält eine gewaltige Fülle von Thatsachen und vermochte außerdem durch die merkwürdigen Schicksale des Reisenden zu fesseln. Im Vergleich mit ihm treten die vielgelesenen Reisen des Müncheners Schiltberger (14.—15. Jahrhundert) und des englischen Ritters Mandeville (14. Jahrhundert) weit zurück. Die wertlosen Lügenberichte des letzteren sind großenteils aus andern Reisebüchern zusammengetragen und mit Fabeln vermengt, und Schiltbergers Erlebnisse und Erfahrungen, an sich merkwürdig genug, sind ebenfalls mit denen andrer Reisenden durchflochten.

Die Bedeutung der Reisewerke des Mittelalters, der christlichen wie der arabischen, muß man aus ihrer Zeit heraus begreifen. Nur in der Zeit der ionischen Geographen konnten Reiseberichte eine ähnliche Wirkung ausüben wie im Mittelalter, und nie war solche Wirkung notwendiger. Die Menschheit des Mittelalters war viel subjektiver als die spätere und vor allem als die heutige. Ihr Horizont war eng, und sie konnte auch in der Fremde nicht aus ihrer Welt heraus. Sie kleidete in Wort und Bild die Fremde in das Gewand der Heimat und die Vergangenheit in das der Gegenwart. Da bedeutete jeder, auch der kürzeste Reisebericht die Mitteilung ganz neuer Erfahrungen und die Verbesserung hergebrachter unrichtiger Vorstellungen. Ein wirksameres Bildungsmittel als Reisen gab es gar nicht, und da nicht viele reisen konnten, gewannen die Reiseschilderungen den größten Wert als Ersatz der Reisen, der Anschauung einer wirklichen Welt. Dazu kam das fesselnde Persönliche solcher Reisen wie Marco Polos oder Schiltbergers. Kein Wunder, daß ihre Berichte viel begehrt waren. Wir haben allein von Schiltberger in deutscher Sprache vier Handschriften und fünf Inkunabeldrucke aus dem 15. Jahrhundert, sieben Drucke aus dem 16., vier aus dem 17. Jahrhundert.

Die Geographie der Araber.

Die geographische Wissenschaft der Araber fußt auf derjenigen der Griechen und ist in der Theorie nicht über sie hinausgeschritten. Der einmal gewonnenen Kunde von der Größe und Gestalt der Erde wußten sie sich zu bedienen; sie haben dieselbe sogar durch Gradmessungen verbessert. Nur in den Karten blieben sie sehr weit hinter dem im 9. Jahrhundert zuerst ins Arabische übertragenen Ptolemäus zurück. Aber in der räumlichen Erweiterung des geographischen Gesichtskreises sind die Araber natürlich in den Jahrhunderten ihrer politischen

Herrschaft über Nordafrika und Westasien viel weiter gelangt. Ihr Verhältnis zur Geographie hat viel Ähnliches mit dem der Römer. Der praktische politische und militärische Zweck steht im Vordergrund. Ihre Reisenden waren Kaufleute und religiöse oder politische Gesandte oder Spione, später auch Gelehrte. Arabisch galt, wo der Islam herrschte, wie Lateinisch in den Ländern des Katholizismus. In Arabiens günstiger Lage zu den Ländern des Indischen Ozeans wiederholt sich die Begünstigung der Lage Italiens im Mittelmeer. Araber haben, ehe die Portugiesen ihre folgenreichen Fahrten begannen, von Afrika den Norden bis ungefähr 10° nördl. Breite, Ostafrikas Küste bis zum Kap Corrientes gekannt. In Westafrika sind sie aber weit hinter dem zurückgeblieben, was Hanno erreicht hatte. Nur undeutlich treten die Glücklichen Inseln hervor; wir finden bei ihnen nicht einmal genauere Angaben über den Senegal. Da sie aber in allen Küstenstädten des Nordens und Ostens von Mogador bis Sofala ihren Handel trieben und in größerer Zahl ansässig waren, gelangten zu ihnen zahlreiche Nachrichten aus dem Innern, und sie durchzogen im Geleite der Karawanen, die Gold, Elfenbein und Sklaven zu suchen gingen, einen großen Teil des nördlichen und östlichen Afrika, wo ihre Kenntnisse bis über den Südrand der Wüste hinaus in die Länder des Sudân und von der ostafrikanischen Küste bis in das Quellgebiet des Nils reichten. Vielleicht sind gerade ihre Kenntnisse der Nilquellen genauere gewesen, als man lange geglaubt hat. Wenigstens möchte es scheinen, als ob die Annahme, der Nil entspringe aus drei Seen, während Ptolemäus deren nur zwei, den Krokodilsee und den Kataraktensee, kennt, eine Bestätigung durch die Stanleysche Entdeckung des Albert-Edward-Sees gefunden habe. Leider haben die arabischen Geographen ihre Kenntnisse von den Nilquellseen selbst wieder getrübt, indem sie drei verschiedene Nile aus ihnen entspringen und weit auseinander streben ließen.



Marco Polo. Nach Pauthier. Vgl. Text, S. 12.

Den Arabern war von Europa nicht bloß der Süden und Westen bekannt. Edrisi war in England, nennt die Färöer und hatte von Grönland gehört. Besonders wichtig sind aber die Nachrichten der Araber über Osteuropa, wo ihre bis zum Eismeer reichenden Kenntnisse der slawischen und finnischen Völker uns eine ältere Völkerlagerung vor den Anfängen des russischen Reiches enthüllen. Die arabischen Geographen kennen die pontisch-kaukasischen Länder und Völker, ihr Zeugnis ist von Belang für die Fragen der alten Geographie des Aralsees und des Oxus (Amu Darja). Die alten Geographen hatten niemals deutlich gesehen, was jenseit des

Jaxartes liegt, wir lernen nun Turan und den Tiënschan kennen und erfahren Näheres über die Handelswege durch Zentralasien. Mit dem arabischen Handel breiteten sich die geographischen Kenntnisse der Araber über die beiden Indien und über die großen Inseln des Indischen Archipels aus; sie erreichten zur See China. Von den Molukken hatten sie Kunde. Man darf sogar vermuten, daß ein Gerücht von Australien zu ihnen gedrungen war.

Die zur Zeit der Griechen und Römer nur von wenigen beschrittenen Landwege quer durch Asien wurden immer häufiger begangen. Spanische Mauren findet man auf ihnen neben Arabern und Juden. Der nördliche Weg über Balkh war nicht mehr der einzige, den man kannte. Man scheint auch durch Indien, das man zu Lande oder zur See erreichte, nach China gegangen zu sein. Man begegnet den Namen Tibet und Assam und auch mancherlei Angaben über Nordasien. In Indien tauschten arabische Gelehrte neue Anregungen. Geographische Schriften sind damals aus dem Arabischen ins Sanskrit übersetzt worden.

Die Stärke der arabischen Geographen liegt in der Länder- und Völkerschilderung. Sie war durch den Zweck ihrer Berichte, zu belehren und zu unterhalten, bedingt. Die Chalifen sandten Expeditionen aus, ließen sich von den Reisenden erzählen und befahlen die Herstellung von Beschreibungen der Länder, denen sich ihre Aufmerksamkeit im friedlichen oder kriegerischen Sinne zuwendete. Für Harun al Raschid (9. Jahrhundert) beantwortete ein Araber, der 20 Jahre im oströmischen Reich lebte, zahlreiche ihm gestellte Fragen über dieses Land. Die arabische Litteratur enthält sicherlich noch manchen unveröffentlichten Reisebericht. Aus der Übersetzung der griechischen Geographen flossen den arabischen Reisenden reichliche Kenntnisse zu, so daß die bessern unter ihnen die Kugelform der Erde, die Längen- und Breitenbestimmung kannten. Der Handel, die Wege, die Städte wurden mehr, die wissenschaftlichen Dinge weniger berücksichtigt als bei den Griechen. Die arabische Weltansicht, ihre Bestimmung der Erdteile, Meere u. s. w. blieben den Griechen entlehnt.

Unter den arabischen Reisenden sind am bedeutendsten die folgenden: 846 kehrte Muslim ben Aby-Muslim-Horrany aus der Kriegsgefangenschaft zurück, in der er im oströmischen Reich gelebt hatte, und schrieb eine Reihe von Berichten über Land und Leute, in denen er die Frage der Bekriegung dieses Reiches eingehend behandelt. 921 und 922 ging Ahmed Ibn Fozlan im Auftrag des Chalifen zu den Bulgaren an der Wolga und gab einen wertvollen Bericht über die Chazaren und Bulgaren und die bei diesen Handel treibenden Russen. Massudi aus Bagdad machte von 915 an die ausgedehntesten Reisen, die wir bis dahin überhaupt einen Sterblichen vollbringen sahen. Er wandelte, so sagte man, wie die Sonne am Himmel. Er ging von Bassorah nach Indien, Ostafrika, Oman, Südarabien und Palästina, später nach Persien, Armenien, Syrien, Ägypten, Nordafrika, Spanien. 957 starb er in Ägypten. Ein berühmter Auszug aus seinen Reiseaufzeichnungen sind die „Goldenen Wiesen". Neben seinen eigenen Wahrnehmungen verwertete er die Gelehrsamkeit seiner Vorgänger. Seine Werke sind reich an Beobachtungen, fremden und eignen, aber ungleich, bald ausführlich, bald gedrängt. Ibn Haukal begann dreißigjährige Reisen etwa um die Zeit, wo Massudi sich zur Ruhe begab, und schrieb 976 eine Geographie, die sich auf das ältere Werk des Abu Ischak el Istraki, eines Persers, stützte. Zehn Jahre später gab Mokkadasi eine Reise heraus, die sich durch die Schärfe der Beobachtungen auszeichnet. Mohammed el Edrisi, der am Ende des 11. Jahrhunderts in Marokko aus arabischem Stamme geboren wurde und am Hofe des Normannenkönigs Roger in Sizilien lebte, hatte die Küste von Frankreich und England besucht, war im Innern Marokkos und in Asien gewesen. Er fertigte für seinen Herrn nach den neuen Berichten ein silbernes Weltbild

und eine geographische Beschreibung. Aus dem 12. und 13. Jahrhundert haben wir eine Anzahl von Pilgerreisen. Ali Alheravy aus Mossul reiste ununterbrochen im Gewande des Bettlers, so daß er den Beinamen „der Reisende" trug, und gab ein Itinerar oder Reisehandbuch für Pilger heraus. Im 13. Jahrhundert schrieb Jakut ben Abdallah ein geographisches Wörterbuch, das von Späteren mehrfach ausgeschrieben worden ist. Aber am meisten hat von allen arabischen Reisenden der Marokkaner Ibn-Batuta geleistet, der im 14. Jahrhundert Nord- und Ostafrika, Westasien, Indien, China besuchte und von Südrußland bis Bolgar vordrang, später Spanien und zuletzt die Nigerländer besuchte. Als die geographischen Entdeckungen unsers Jahrhunderts Afrika und Asien neu erschlossen, gewannen die Werke dieser Reisenden und die auf sie aufgebauten Erdbeschreibungen, unter denen die Abulfedas (14. Jahrhundert) die wichtigste ist, einen erhöhten Wert, da sie uns aus dem Vergleich heutiger und früherer Zustände die Erkenntnis geschichtlicher Veränderungen vermitteln, die sonst völlig unbekannt geblieben wären.

Das Zeitalter der großen Entdeckungen.

Man sagt: Die Portugiesen fanden den Seeweg nach Indien, die Spanier haben Amerika entdeckt. Aber die Atlantis stand nicht am Horizont eines Volkes, sondern der westeuropäischen und mittelländischen Menschheit. Im Altertum hatten alle Seevölker des Mittelmeeres Wege nach Westen eingeschlagen und waren endlich über die Säulen des Herkules hinausgeführt worden. So sind im Mittelalter Italiener und Franzosen den Portugiesen in der Fahrt nach den atlantischen Inseln vorhergegangen. Die Portugiesen folgten und endlich die Spanier. Das übrige Europa ward davon freilich so wenig berührt, wie von dem Wellenschlag an den Küsten dieses Westmeeres, das man zu durchdringen strebte. Die Ärmlichkeit des geistigen Verkehrs des Mittelalters tritt uns in diesem Prozeß noch einmal kraß entgegen. Aber schon während sich die Entschleierung des Atlantischen Ozeans vorbereitete, wurde in Mitteleuropa die Buchdruckerkunst erfunden, und verbreitete sich von Italien aus die Wiedergeburt der Wissenschaft und damit der Geographie der Alten, so daß die großen geographischen Entdeckungen eine ihnen gewachsene Wissenschaft und die Mittel zur raschesten Verbreitung bereit fanden. Daraus erklärt es sich auch, daß, als der Erfolg der Fahrten um Afrika und nach Amerika offenkundig geworden war, wir alsbald auch Engländer, Deutsche, Niederländer auf dem Plan sehen.

So geschah nach anderthalb Jahrtausenden der Ruhe ein Hinausschweifen über die Grenzen der Alten Welt, zugleich mit einer Wiedergeburt der wissenschaftlichen Geographie. Für die in Unkenntnis und Vergessen verarmte Menschheit war es ein einziges großes Erfahrungssammeln. Man hat die Überschüttung einer zum Bewußtsein ihrer Welt erwachenden Kinderseele mit neuen Erfahrungen als einen Prozeß bezeichnet, der nicht seinesgleichen im Bereiche des Lebens des menschlichen Geistes habe. Aber die Menschheit kam in diesem Jahrhundert, in dem sich ihr die Welt um das Vierfache vergrößerte, sehr nahe dem Zustande des Kindes, das vor dem Neuen, das ihm zufließt, nicht weiß, wohin es zuerst greifen soll. Ihr Geist wuchs außerordentlich rasch. Erfahrungen sind Samenkörner voll lebendiger Triebkraft, und indem deren viele im Geiste des Menschen aufgingen, eröffnete das Zeitalter der Entdeckungen zugleich das Jahrhundert der Neugeburt der Wissenschaften. Rege Geister wie Kolumbus, die über die räumlichen Grenzen der Erkenntnis des Mittelalters hinausgingen, mußten bedeutende wissenschaftliche Funde machen. Die Abweichung der Magnetnadel, der magnetische Äquator, die Beständigkeit in der Richtung der Meeresströmungen, die kühlere Temperatur im westlichen Teil

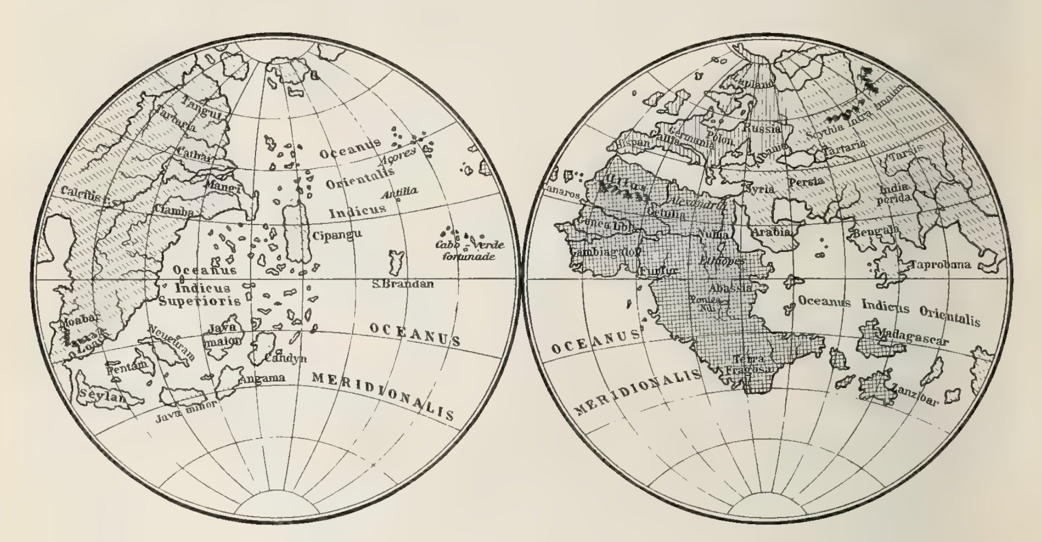
des Atlantischen Ozeans hat Kolumbus beobachtet. Er ist ein Entdecker im höheren Sinne des Wortes gewesen; sein größter Ruhm war nicht die Entdeckung Amerikas, sondern der Dienst, den er dem Menschengeschlecht leistete, indem er so viele neue Gegenstände auf einmal dem Nachdenken darbot. „Er hat die Masse der Ideen vergrößert: durch ihn hat ein wahrhafter Fortschritt des menschlichen Denkens stattgefunden.“ (A. von Humboldt.) Im Mittelalter hatte die künstliche Vermehrung und Ausbildung der Formen alle Geisteskräfte in unfruchtbarer Weise beschäftigt, während eine Armut an Kenntnissen, an Ideen herrschte, die wir uns schwer vorstellen können. Von jenen soliden Begriffen, die der Mensch aus der Beobachtung seiner Umwelt gewinnt, gab es viel weniger als im Altertum. Der Schatz drohte aufgezehrt zu werden. Da thaten sich plötzlich neue Thüren auf, und es wurde eine Menge neuer Begriffe in Umlauf gesetzt, wie niemals vorher. Das Zeitalter der Entdeckungen hat daher nicht bloß „die Werke der Schöpfung verdoppelt“ und den Gesichtskreis der Erdbewohner in einer Weise erweitert, die A. von Humboldt mit der Entschleierung der abgekehrten Mondhälfte verglichen hat, sondern es wurde auch ein Zeitalter der geistigen Befreiung. Es hat die Kraft des menschlichen Geistes wachsen machen, indem es ihm eine Fülle neuer Aufgaben stellte, deren Lösung dem gesteigerten Selbstvertrauen ganz andre Maßstäbe für die eigne Kraft gab. Einem Geschlecht, das Jahrzehnte hindurch daran gewöhnt ward, Neues, Unerwartetes hervortreten zu sehen, erschien jede Neuerung leichter. Der vorher feste Halt im und am Hergebrachten ward durchaus gelockert, und die neuere Zeit, welche die Geschichtschreiber von der Entdeckung Amerikas an beginnen lassen, ward eine Zeit des Neuen und der Neuerungen.

Was alles mit dazu beitrug, diese Tendenz zur Entwickelung zu bringen, ist hier nicht auseinanderzusetzen, wohl aber muß man darauf hinweisen, daß die Erfindung der Buchdruckerkunst den Strom der litterarischen Produktion mächtig anschwellen ließ, und daß im ganzen Abendland die poetische Litteratur schon seit dem 15. Jahrhundert weit hinter der prosaischen zurücktrat, die der verstandesmäßigen Auffassung der Dinge besser genügt. In dieser Bewegung begünstigte alles die Entfaltung der geographischen Wissenschaft und Litteratur, ähnlich wie die der geschichtlichen, und im Grunde noch mehr als diese. Das 16. Jahrhundert ist darum auch die Mutter der neueren wissenschaftlichen Geographie und Kartographie. In dieser Zeit begannen die Reisebeschreibungen einen viel größeren Raum in der Litteratur einzunehmen als vorher. In demselben Maße, wie sie an Zahl und Gehalt wuchsen und die fortschreitende Bildung der Menschen eine größere Aufnahmefähigkeit für sie erzeugte, gewannen sie an Selbständigkeit. Als wissenschaftliche Quellen der Geographie und Geschichte wurden sie nun erst anerkannt. Bis dahin gehörten sie zur Unterhaltungslitteratur, der ja Polos, Schiltbergers, Mandevilles Reiseerzählungen bereits vom Ende des 15. Jahrhunderts an als Volksbücher zugesellt worden waren.

Die Entdeckungsfahrten der Portugiesen.

Indem die römisch-christlichen Tochterkulturen sich in Westeuropa einwurzeln, beginnt es über dem Atlantischen Ozean zu dämmern. Zwei Jahrtausende hatten seit Hannos Reise die Entdeckungen auf der atlantischen Seite Afrikas geruht, aber die schon im Altertum nicht fehlenden Sagen oder Gerüchte von in den Ozean hinaus verschlagenen Schiffern verdichteten sich. Auch die Mauren beteiligen sich daran, seitdem sie in Lusitanien Herrscher geworden sind. Es flicht sich ein Gewebe, das dünn, aber sichtbar ist, und das die Großthaten des Zeitalters der Entdeckungen minder einsam hervorragen läßt. Wir nähern uns dem Geschichtlichen, wenn wir

sogar auf Karten aus dem 14. Jahrhundert Madeira finden und die Entdeckung der Kanarien durch Genuesen vielleicht noch dem Ende des 13. Jahrhunderts zurechnen können. Planmäßig drangen erst die Portugiesen ein Jahrhundert später in diese Gebiete vor. Wenn die Etappen klein und die Pausen zwischen den einzelnen Thaten groß waren, so erinnern wir uns an den tiefen Stand der Schiffahrtskunst, die seit dem Altertum keinen andern Fortschritt als die Aneignung der Magnetnadel zu verzeichnen hatte. Hanno hatte vielleicht in 30 Tagen seinen fernsten Punkt von der Straße von Gibraltar aus erreicht, während Vasco da Gama 1497 17 Tage von Lissabon bis zum Grünen Vorgebirge brauchte und sogar 62 Tage auf die Fahrt vom Kap der Guten Hoffnung bis zum Sambesi verwenden mußte, wo der Mosambikstrom ihm entgegenstand. Als die Kanarien, Azoren und Madeira wieder erreicht waren, teilten sich die



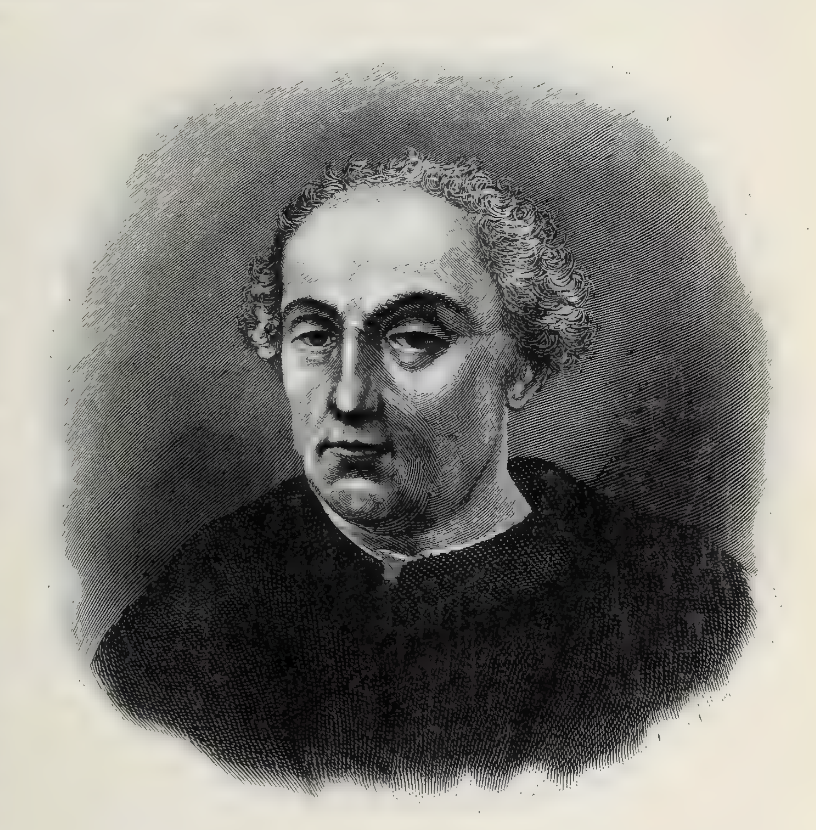
Erdbild des Martin Behaim nach dem Globus von 1492. Vgl. auch S. 20.

Wege. Das Streben nach Westen ruhte zunächst, und die Entdeckungen warfen sich auf die nahe und für die Schiffahrt sicherere Küste Nordwestafrikas. Die Portugiesen umschifften 1434 Kap Bojador. Die Bewohntheit des 1441 umschifften Kap Blanco beruhigte über die verbrannte Zone, und der Name des 1445 entdeckten Grünen Vorgebirges ist das Denkmal der Überwindung dieses alten Irrtums. Während der portugiesische Gold- und Sklavenhandel in das Nigergebiet vordrang, entdeckte Diego Cão in Begleitung von Martin Behaim (s. das obenstehende Kärtchen) 1484 den Kongo, und als 1486 Bartolomeo Diaz die Südspitze Afrikas umsegelt hatte, konnte 1498 Vasco da Gama auf seinen Spuren mit Hilfe arabischer Lotsen den Indischen Ozean erreichen und von Melinde (Malindi, Britisch-Ostafrika) nach Kalikut queren.

Kolumbus.

Des Kolumbus (s. die Abbildung, S. 19) weltgeschichtliche That der Durchquerung des Atlantischen Ozeans war weder ohne Vorgänger noch ohne Vorbereitung. Dort, wo die britischen Inseln in vulkanischen Gruppen und Klippen sich nach Nordwesten fortsetzen, zogen im 8. Jahrhundert irische Mönche von Insel zu Insel und kamen endlich von den Färöern nach dem

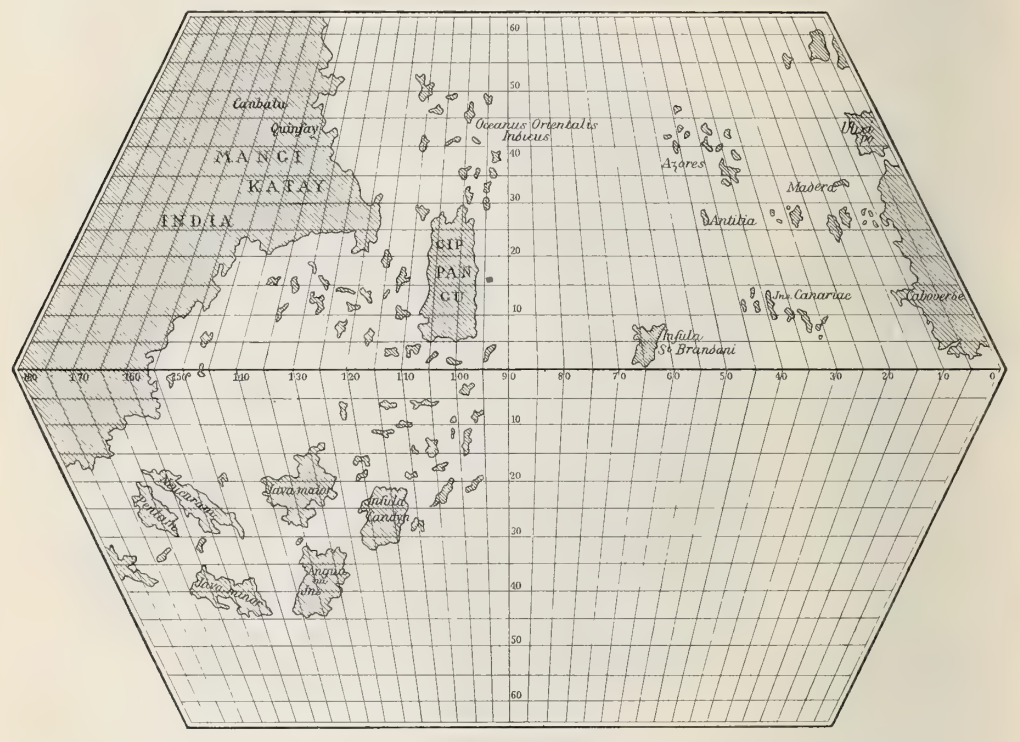
einsamen Island (795). Fast hundert Jahre später entdeckte ein normannisches Schiff die große Insel wieder (867). Von dem rasch besiedelten Island aus wurde 983 Grönland entdeckt, und 1001 begannen die Fahrten nach Helluland, Markland, Vinland: Teile von Nordamerika, die sich wahrscheinlich bis 40° nördl. Breite südwärts zogen. An der Westküste Grönlands sind die Normannen bis über den 70.° nördl. Breite hinaus vorgedrungen. Alle diese Vorstöße sind vereinzelt geblieben. Die Normannen gaben ihre Ansiedelungen westlich von Island auf, und Island selbst blieb im Mittelalter lange Zeit außer Verbindung mit Europa. Es ist fraglich, ob Kolumbus von diesen Entdeckungen der Normannen Kunde hatte.



Christoph Kolumbus. Nach dem im Besitz eines Erben der Familie Giovio zu Como befindlichen Bildnis. Vgl. Text, S. 18.

Einen ungemein großen Einfluß übten auf des Kolumbus Plan einer Entdeckungsfahrt nach Westen die zu seiner Zeit herrschenden Anschauungen über den Westweg nach Indien. Eines der unvollkommensten geographischen Werke der Scholastiker, des Kardinals d'Ailly „Imago Mundi", um 1410 geschrieben, machte den Kolumbus mit den Zeugnissen aus alten Schriftstellern bekannt, daß die Erde mehr Land enthalte, als man gewöhnlich sage. Daß d'Ailly geradezu eine geringe Entfernung zwischen dem Westrand Europas und Afrikas und dem Ostrand Indiens, d. h. Asiens annahm, hat Kolumbus unmittelbar ermutigt. A. von Humboldt hat darum diesem Buche einen noch größeren Einfluß auf Kolumbus zugeschrieben als den Briefen und Karten Toscanellis. Das ist zu viel gesagt angesichts der deutlichen Beweise dafür, daß Toscanelli das Projekt theoretisch formuliert hat, das dann Kolumbus praktisch durchführte. Kolumbus ist der Verwirklicher der Toscanellischen Idee, die er vielleicht schon in der Mitte der 70er Jahre aus einem Briefe Toscanellis erfahren hatte (s. das Kärtchen, S. 20). Einen Teil dieses Einflusses des großen italienischen Kosmographen, der 1482 als Fünfundachtzigjähriger in Florenz starb, hat ein unbestimmbarer Mythus dem Nürnberger

Martin Behaim (gestorben 1507) zugeschrieben, der 1484 eine der portugiesischen Afrikafahrten mitmachte. In der That, wer den Globus (s. das Kärtchen, S. 18) betrachtet, den Behaim für seine Vaterstadt in demselben Jahre schuf, in dem Kolumbus seine erste Westfahrt antrat (dieser Globus ist als der älteste bis heute erhalten), wird nicht zweifeln können, daß Kolumbus und Behaim den Atlantischen Ozean gleichmäßig als das schmale Weltmeer auffaßten, an dessen Westrand Asien lag. Die Übereinstimmung kommt daher, daß beide die Toscanellischen Ideen kannten. Vielleicht hat Kolumbus mit Behaim verkehrt, der in Lissabon als Kosmograph hoch angesehen war; und daß Behaim die Vorstellung Toscanellis billigte, verlieh ihr in seinen Augen vermehrtes



Toscanellis Weltkarte. Nach Kretschmers Rekonstruktion. Vgl. Text, S. 19.

Gewicht. Hatte doch Behaim den Atlantischen Ozean weit über den Äquator hinaus befahren und Jahre auf den Azoren gelebt, wo die Strömungen Zeugnisse eines bewohnten Westlandes ans Ufer trieben. Doch würde man Kolumbus und seine Zeit falsch verstehen, wenn man annehmen wollte, nur geistige Überlegungen hätten ihn auf seine Bahn geführt. Er war schwärmerisch von seinem Beruf überzeugt, die Heiden von Indien und Kathay dem Christentum zu gewinnen, und stützte sich ebensosehr auf falsch ausgelegte Bibelsprüche wie auf die Karte Toscanellis. Es ist bezeichnend, daß der Übergang des Abtes des Klosters La Rabida bei Palos zu Kolumbus' Überzeugungen den Wendepunkt im Schicksal des Entdeckers bildet. Und außerdem trieben Ruhm- und Gewinnsucht den Mann, der Armut und Niedrigkeit erduldet hatte, während er seinen Plänen nachhing. Am 3. August 1492 verließ Kolumbus den Hafen von Palos und landete am 12. Oktober auf einer Koralleninsel der Bahamagruppe, Guanahani, in der wir wahrscheinlich Watlings-Island zu erkennen haben. Er fuhr weiter nach Cuba und Haïti und kehrte am 15. März

1493 nach Palos zurück, immer im Glauben, Inseln vor der Küste Ostasiens gefunden zu haben. Schon im September 1493 segelte er mit einer Flotte von 17 Fahrzeugen und 1500 Mann von neuem nach Westen, und 1499 und 1502 hat er noch zwei weitere Reisen nach Mittel- und Südamerika ausgeführt, auf denen ihm die Bestimmung der Küstenlinie des Karibischen Meeres und eines Teils des nördlichen Südamerika gelungen ist. Nur durch mühselige Konstruktionen vermochte er den Glauben festzuhalten, den Wasserweg nach Asien gefunden zu haben. Von seinen Hoffnungen auf Gewinn an Seelen für die Kirche und Gewinn an Gold und Ehre für sich verwirklichte sich wenig. Ein Jahr nach seinem Tode schlug ein bis dahin völlig unbekannter Kosmograph in einem kleinen Vogesenstädtchen (Saint-Dié) mit Erfolg vor, die neue Welt nach Amerigo Vespucci zu nennen, der zum Teil auf des Kolumbus Veranlassung zwischen 1499 und 1504 Fahrten nach Südamerika unternommen und Entdeckungen an der Küste Brasiliens gemacht hatte.

Während Südamerika dank seinem Gold und Silber und seiner Lage an den Wegen zum Stillen Ozean mit Mittelamerika um die Mitte des 16. Jahrhunderts in den Grundzügen erforscht war, kannte man von Nordamerika nur die Ost- und die Golfküste. Schon 1496 und 1498 waren die Venezianer Gabotto unter englischer Flagge an dieser Küste erschienen und hatten sie wahrscheinlich von Labrador bis Nordcarolina befahren. 1500 sah der Portugiese Cortereal dieselben und nördlichere Küsten, und 1523 entdeckte Verazzano den Hudsonfluß. Seitdem der Franzose Cartier 1534 in den Sankt Lorenzgolf eingelaufen war, drangen die Franzosen in Canada, wenn auch mit großen Unterbrechungen, vor. Die Spanier sandten 1539 de Soto bis in das Gebiet des Arkansas und 1540 Coronado nach Neumexiko, wobei das großartige Cañongebiet des Colorado berührt wurde.

Die Entdeckung des Stillen Ozeans.

Kolumbus selbst hat auf seiner vierten Reise von dem großen Meere vernommen, das jenseits Mittelamerikas liegen sollte. Es war an der Küste von Chiriqui (Mittelamerika), also war der Stille Ozean gemeint. Kolumbus aber konnte dabei nur an den Indischen Ozean denken. Nachfolger, die von diesem Phantom frei waren, mußten in diesem jenseitigen Meere die westliche Straße nach Indien suchen. Ihnen hatte Kolumbus noch selbst den Weg gewiesen, indem er die Landumrandung des Karibischen Meeres feststellte. Daher mußten die Fahrten nach Asien nur südlich oder nördlich um die Entdeckungen des Kolumbus herumführen. Die Portugiesen (Cabral entdeckte Brasilien 1500) und Amerigo Vespucci hatten Südamerika bis in die gemäßigte Zone verfolgt. In Deutschland und Italien zeichneten die Kosmographen eine Meerenge zwischen dem nördlichen Südamerika und einem südlichen Lande, das einige Brasilien nannten; aber nach mehreren mißlungenen Versuchen ruhte der Plan eines Südwegs um Amerika. Vasco Nuñez de Balboa hatte am 25. September 1513 von der Landenge von Darien (Panama) aus den Ostrand des Stillen Ozeans erblickt. Da fand sich der Mann, welcher der so nahe gelegten und doch noch ungeheuer schwierigen Entdeckung des Seeweges nach diesem westlichen Ozean gewachsen war: der Portugiese Fernão de Magalhães (s. die Abbildung, S. 22), der in Indien und Marokko gekämpft hatte, trat in die Dienste Spaniens und führte 1519 fünf Schiffe über den Atlantischen Ozean. Nachdem er bei Rio und am La Plata durchzukommen gesucht hatte, überwinterte er in 49° 15′ südl. Breite und fand im darauffolgenden Australsommer die nach ihm benannte Durchfahrt. Er verfolgte das Festland bis 37° südl. Breite, segelte dann mit beständig gutem Winde, daher Mar Pacifico,

nordwestlich zwischen den Paumotu- und Markesas-, den Gilbert- und Marshall- und zwischen diesen und den Karolineninseln hindurch und erreichte die Marianen. Am 18. April 1521 fiel Magalhães in einem Kampfe auf der kleinen Insel Mactan bei Zebu, seine letzten zwei Schiffe erreichten die Molukken, und nur eines davon kam 1522 nach Portugal zurück. Von 239 Personen, die mit Magalhães in See gegangen waren, kehrten nur 21 heim. Erwägt man die Länge der Reise, welche die drei Ozeane durchschnitt, die Schwierigkeit, die Straße vom Atlantischen in den Stillen Ozean zu finden, und die Größe des entschleierten Ozeans, so erscheint uns die Leistung des Magalhães als die größte im Zeitalter der Entdeckungen. Zwar hat die namengebende Nachwelt auch Magalhães nicht seiner That entsprechend gelohnt, aber er ist doch glücklicher als Kolumbus gewesen. Er ist auf der Höhe seiner Leistung gestorben, und seine Meeresstraße und die magellanschen Wolken erinnern uns eindringlicher an sein großes Entdeckerverdienst, als alle kolumbischen Namen mittlerer Flüsse und lotteriger Staaten. Erst nach 50 Jahren erhielt Magalhães Nachfolger, ohne daß dabei die Kenntnis des Stillen Ozeans viel gewonnen hätte. Weltumsegler wie Drake und Van Noort (1599) hatten zu ausgesprochen politische und wirtschaftliche Zwecke, um sich der Aufklärung des über dem größten Meere ruhenden Dunkels zu widmen. Den Spuren des spanischen Verkehrs zwischen Amerika und den Philippinen folgend, ließen sie die wichtigsten pazifischen Inselgruppen links liegen. Spanier und Portugiesen machten von Westen her vereinzelte Vorstöße in die Inselwelt Ozeaniens. Dabei wurden am Ende des Jahrhunderts einige Gruppen entdeckt und wohl um 1601 der erste Blick auf die Küste Australiens gewonnen. In dem allen lag doch kein bedeutender Fortschritt der Erdkenntnis. Ein großer Nachfolger ist Magalhães erst nach 120 Jahren entstanden (s. das Kärtchen, S. 25).



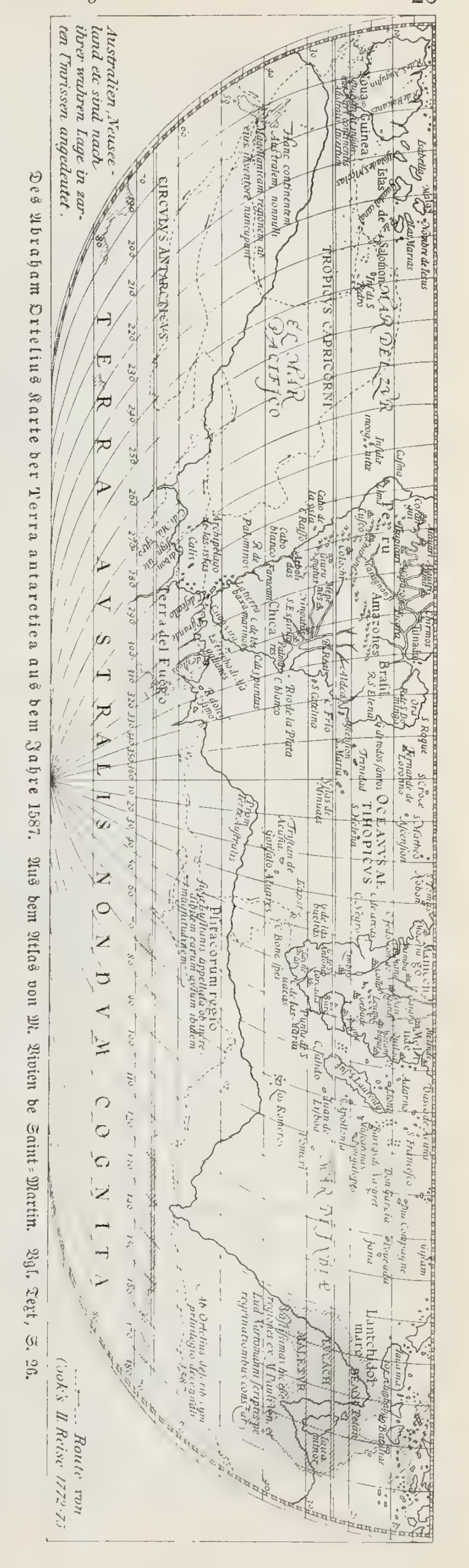
Fernão de Magalhães. Nach einem Kupferstich von F. Selma. Vgl. Text, S. 21.

Kleinere Fahrten und Entdeckungen.

Das Vordringen der Spanier an den Stillen Ozean (Eroberung Mexikos 1521, Perus 1535, Kaliforniens und Chiles 1536), der Portugiesen am Ostrand Asiens (1511 Eroberung

Malakkas, Kantons 1516, Japans 1542), endlich das Eindringen in das Innere beider Amerika vollendeten gegen die Mitte des 16. Jahrhunderts die großen Züge einer neuen Länder- und Meereskenntnis. Dazu kamen vereinzelte und zum Teil bald wieder vergessene Entdeckungen in Ozeanien: 1527 Portugiesen in Neuguinea, 1521 Spanier auf den Marianen, 1567 Entdeckung der Salomoninseln.

Große Fortschritte wurden zugleich in der Einzelkenntnis näherer Länder gemacht. Der Norden und Osten Europas traten aus langer Dämmerung ins Licht hervor. Vor allem wurde Rußland bekannt, das bisher selbst Mitteleuropa ferner als heute Sibirien gelegen war. Schon ehe Sebastian Münster 1544 eine Karte von Rußland in der „Kosmographey“ brachte und Hirsvogel die bis dahin besten Karten dieses Landes in Sigismund von Herbersteins „Rerum Moscovitarum Commentaria“ 1549 zeichnete, waren kleinere Karten des Landes erschienen, dessen Bedeutung als Bundesgenosse im Kampf gegen die Türken von der abendländischen Christenheit geahnt zu werden begann. Das genannte Werk Herbersteins ist ausgezeichnet durch einen Reichtum guter Beobachtungen über die verschiedensten Gegenstände osteuropäischer Natur- und Völkerkunde. Für den Südosten Europas leisteten die immer häufiger werdenden Pilgerfahrten nach dem Heiligen Lande und die Gesandtschaftsreisen nach Konstantinopel im einzelnen manches Rühmliche. Hans Tuchers „Bericht der Meerfahrt“ (1482) eröffnete eine lange Reihe mehr sachgemäß beschreibender als erbaulicher Pilgerwerke, deren bedeutendstes, des Botanikers Leonhard Rauwolf „Reise in die Morgenländer“ (1582), Syrien und Mesopotamien mit einschließend, die Beschreibung einer eigentlichen Forschungsreise darstellt. Litterarisch stehen am höchsten die vier Briefe des gelehrten kaiserlichen Gesandten **Augerius Busbeck** über die Türkei und Kleinasien. Der um den Druck deutscher Reisewerke verdiente Frankfurter Verleger Feyerabend veröffentlichte 1584 das „Reyßbuch des Heiligen Landes“, 18 Pilgerreisen enthaltend, das noch im 17. Jahrhundert zwei Auflagen erlebte.



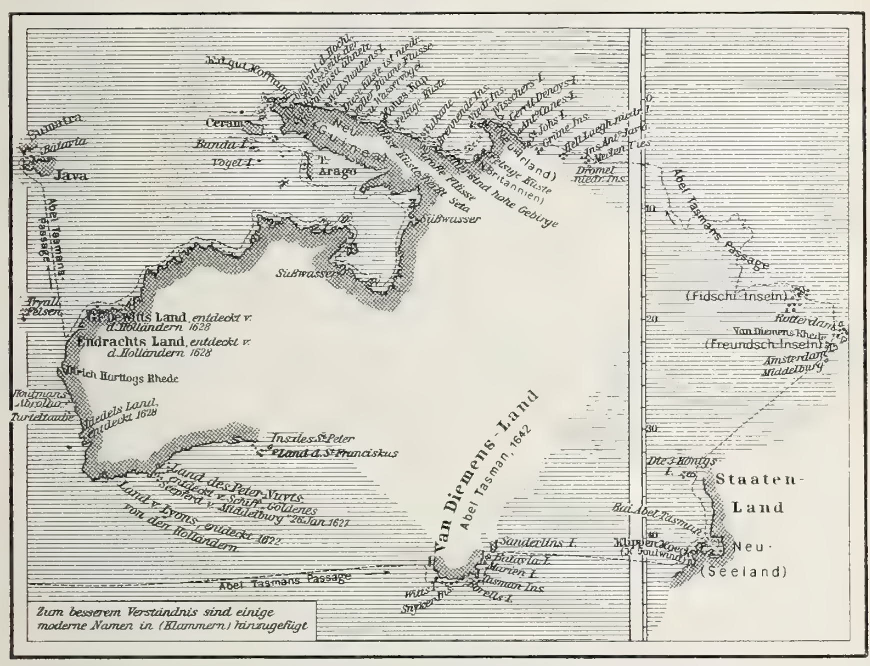
Des Abraham Ortelius Karte der Terra antarctica aus dem Jahre 1587. Aus dem Atlas von V. Vivien de Saint-Martin. Vgl. Text, S. 26.

Englische Schiffe fuhren um die Mitte des 16. Jahrhunderts nach dem Weißen Meere: der Nordrand Europas erschien in richtigeren Umrissen auf den Karten. Nachdem Gerüchte von einer großen Insel, die den höchsten Berg der Welt tragen sollte, schon in Archangelsk vernommen worden waren, erreichte Burrough 1555 die Südspitze von Nowaja Semlja. Die Holländer gelangten auf ihren Versuchen, die nordöstliche Durchfahrt zu finden, nach der Nordinsel von Nowaja Semlja. Nays und Barents Expedition von 1595 zur Aufsuchung der Nordostpassage begleiteten Goldarbeiter und Diamantschleifer, um das sicher erwartete Rohmaterial gleich verarbeiten zu können. Aber keine von diesen hoffnungsreichen Unternehmungen gelang. Als Willem Barents 1596 zum drittenmal den Nordostweg versuchte und auf der kühnsten, fast auf dem Meridian von Amsterdam durchgeführten Fahrt nach Norden in einem Zuge den 80. Parallelkreis überschritt, wobei Spitzbergen entdeckt wurde, war er genötigt, auf Nowaja Semlja zu überwintern, und nur seine Leiche kehrte nach Holland zurück. Die von ihm erreichte Breite ist dann erst von Parry 1828 nördlich von Spitzbergen überschritten worden.

Die Ausbreitung der Russen nach Ostasien, 1581 mit der Eroberung des Chanates Sibir am unteren Irtysch begonnen, brachte in wenig mehr als einem Menschenalter den ganzen Norden von Asien in den Gesichtskreis. Schon 1617 erreichten sie das Ochotskische Meer, 1646 befuhren sie den Amur bis zur Mündung, und in demselben Jahre wurde in aller Stille einer der wichtigsten Züge in der Physiognomie des Erdballs, die Beringstraße, entdeckt und — vergessen. Der nach dem Vertrag von Aigun (1689) aufblühende russisch-chinesische Verkehr beförderte die Kenntnis der Ostmongolei und Nordchinas. Auffallend oft wurde Persien von einer ganzen Reihe von tüchtigen Reisenden besucht, deren Ziel zum Teil ein ähnliches wie das der zentralasiatischen Reisenden des Mittelalters war: der Europa bedrohenden Macht der Türken ein Gegengewicht zu erwecken. Adam Olearius, der 1633 eine holsteinische Gesandtschaft nach Rußland und Persien begleitete, darüber eine der meistgelesenen Reisebeschreibungen dieser Zeit verfaßte und durch Übersetzungen aus dem Persischen die orientalischen Studien belebte, Chardin, der 1666 und 1673 längeren Aufenthalt in Persien nahm und eine ausgezeichnete Beschreibung lieferte, Engelbert Kämpfer aus Lemgo (Lippe), der 1683 als Arzt und Sekretär einer schwedischen Gesandtschaft nach Rußland und Persien ging und besonders botanische und pharmakologische Studien machte, sind die bedeutendsten. Kämpfer leistete aber viel Größeres in Ostasien. Er ging 1688 nach Niederländisch-Indien und 1694 nach Siam und Japan und hat seinen langen Aufenthalt in Persien und Japan zu Beobachtungen benutzt, die zu den gründlichsten und vielseitigsten gehören. Kämpfer war ein Mann von universeller Bildung in Natur- und Völkerkunde. Von den Werken, die er nach seiner Rückkehr nach Lemgo in ländlicher Stille ausarbeitete, ist die Geschichte und Beschreibung von Japan 1777 durch Dohm im deutschen Original veröffentlicht worden, das bis heute eines der besten Quellenwerke über Ostasien ist. An Tourneforts Reisen in Kleinasien und Armenien knüpft sich die Einsicht in die Wiederholung der klimatischen Zonen des Pflanzenwuchses in verschiedener Höhe eines Gebirges; er erkannte diese wichtige Thatsache bei der Ersteigung des Ararat (1701).

Als der Seeweg nach Indien gefunden worden war, fiel Afrika mit seinem schwer zugänglichen Innern rasch in einen Zustand fast vollständiger Vernachlässigung. Die Portugiesen blieben zunächst mit Handel und Mission an die Küste gebannt. Das Zeitalter der Entdeckungen findet für Afrika keinen litterarischen Ausdruck, wie für Amerika. Kein bedeutendes Buch über

Afrika ist im ganzen 16. Jahrhundert erschienen. Eine große Afrikalitteratur hebt erst spät im 18. Jahrhundert an. Doch finden wir bereits im 16. und 17. Jahrhundert gelegentlich ausführliche Nachrichten über Ägypten, das nach wie vor von den frommen Besuchern des Heiligen Landes oft berührt wurde. Das Interesse an dem christlichen Abessinien ist noch nicht erloschen, es erscheinen manchmal noch Berichte der dorthin gesandten Jesuiten. Aber das gelehrteste, vollständigste Werk über Abessinien veröffentlichte 1681 als „Historia Aethiopica“ der Erfurter Hiob Ludolf, der nie in Abessinien gewesen war. Über das „Königreich Congo“ oder San Salvador, das die Portugiesen äußerlich christianisiert hatten, besitzen wir Schriften von portugie-



Abel Tasmans (1642—43) Karte von Australien. Nach einer Zeichnung im Britischen Museum, wahrscheinlich Kopie von Tasmans verlorenem Original. Vgl. Text, S. 22 u. 26.

sischen und italienischen Missionaren. Und das Kap, seit 1648 holländische Kolonie, wurde häufig in den zahlreichen, besonders auch deutschen Schriften behandelt, deren Verfasser, in niederländischen oder dänischen Diensten, auf der Fahrt um Afrika dort Station machten.

Die Fortschritte der Geographie im 16. Jahrhundert haben alle das eigentümliche Schicksal, daß sie bei einem gewissen Punkte aufhören; es tritt Stillstand ein, bis das 17. Jahrhundert auf neuen Wegen ungeahnte Aussichten eröffnet. Das 16. Jahrhundert arbeitet im ganzen noch mit den Mitteln des Altertums. Es ist gerade in dieser Beziehung so recht das Jahrhundert der Wiedergeburt des Altertums. Das 17. Jahrhundert aber ist das Jahrhundert der Neugeburt der Wissenschaften, die der Erdkenntnis neue Aufgaben stellen und neue Werkzeuge bieten sollte. Im 17. Jahrhundert kamen die politischen und wirtschaftlichen Motive einigermaßen zur Ruhe, die bisher immer von neuem zu Fahrten ins Unbekannte angetrieben hatten. Die nordöstliche und die nordwestliche Durchfahrt wurden aufgegeben. Spanien, Portugal, Frankreich, Rußland, die Niederlande waren mit der Kolonisation und Ausbeutung weiter

Gebiete beschäftigt, die sie im 16. Jahrhundert entdeckt oder erobert hatten. Für sie war nun für lange Zeit die Welt groß genug. Die neue Wissenschaft aber, die heranwuchs, war noch nicht stark genug, zur wissenschaftlichen Entdeckung und Wiederentdeckung der Länder und Meere anzuspornen, die einstweilen nur ihrer Existenz nach aufgefunden waren. Die einzige Leistung des 17. Jahrhunderts, die ganz an das große Zeitalter der Entdeckungen erinnert, ist Abel Tasmans große Seefahrt in der für Terra Australis oder Terra antarctica (s. das Kärtchen, S. 23) gehaltenen gemäßigten Breite des südlichen Indischen und Stillen Ozeans, die Tasmanien, Neuseeland und eine Reihe von Inseln Ozeaniens kennen lehrte (1642). Tasman, der zwei Jahre darauf die Nordküste Australiens entschleierte (s. das Kärtchen, S. 25), hat über seine großen Entdeckungen niemals etwas veröffentlicht, und so kam es, daß diese von Cook noch einmal gemacht werden konnten. Erst 1860 ist eine vollständige Ausgabe des Tagebuchs von Tasman erschienen. Nur als Ergänzung seiner Entdeckungen erscheint uns Schoutens und Le Maires Umsegelung des Kap Horn und Fahrt durch den Stillen Ozean (1619), wobei einige der südlichen Archipele berührt wurden. Dampier hatte 1700 einige Inseln des Bismarck-Archipels, Roggeveen 1722 die Osterinsel entdeckt und die Paumotu und den Samoa-Archipel berührt. Kleinere Entdeckungsfahrten hatten schon vor Tasman in den ersten Jahrzehnten der niederländischen Besetzung des Indischen Archipels nach Osten stattgefunden. Sie vereinigten sich mit den größeren Leistungen Tasmans zu dem Bilde eines fünften Erdteiles, gewaltig nach dem unbekannten Südland hin verbreitert, dessen Erscheinen den größten Unterschied zwischen den Karten vom Anfang und vom Ende dieses Jahrhunderts verursacht. 1655 begegnet man auch zum ersten Male dem Namen Neuholland.

---

2. Die Anfänge und die Wiedergeburt der Geographie als Wissenschaft.

Inhalt: Die Entstehung der geographischen Wissenschaft. — Die wissenschaftliche Geographie der Griechen. — Die Geographie zur Römerzeit. — Die Geographie im Mittelalter. — Die Geographie der Renaissance. — Die Weltbücher und Reisebeschreibungen. — Die Geographie des 17. Jahrhunderts.

Die Entstehung der geographischen Wissenschaft.

Wo immer wir die Spur geographischer Wissenschaft im Altertum aufnehmen, wir werden dabei stets in Länder geführt, die wie große Oasen in dem Gürtel der trockenen Luftströmungen liegen: an den Euphrat und Tigris, nach Mesopotamien und nach Ägypten. Alle Völker jener Zone, die den größten Teil des Jahres klare Nächte hat, und wo die Kühle der ausstrahlenden Atmosphäre den bei Tag erschlafften Geist der Menschen nächtlicherweise erfrischt, sind Sternbeobachter. Die ungebrochene Horizontlinie der Ebenen des unteren Nils, des Euphrat und Tigris erleichtert ihr Werk. Die Verbindung der Sterne mit dem Leben und dem Glauben der Menschen in Sterndeutung und Sterndienst ist ihnen allen eigen. Auch die Juden sind Sterndeuter gewesen und nach dem Exil noch immer mehr geworden; auch hat der Sterndienst, den sie vielleicht aus Arabien empfingen, manchmal ihren Jehovaglauben verdrängen wollen. Die größten Deuter und Diener und daher auch Kenner der Sterne waren aber doch die Babylonier, in deren Priesterkaste astronomische und geographische Kenntnisse älter als in Ägypten

sind. Von hier aus scheint der Tierkreis seinen Weg nach Ägypten, Indien und China gemacht zu haben. Die Jahreseinteilung in Monate und Mondwochen, die Messung der Mittagshöhe, die 360 Grade des Kreises und Äquators, die 24 Tagesstunden, die Bestimmung der Finsternisse sind Entdeckungen, welche die als Observatorien benutzten Gipfel der Backsteinpyramiden Babyloniens in weltgeschichtlichem Licht erglänzen lassen. So genaue Beobachtungen, wie die Babylonier schon im dritten Jahrtausend v. Chr. anstellten, können nicht gemacht worden sein, ohne mathematisches Denken zu entwickeln. Was in allen diesen Errungenschaften aus akkadischer und was aus semitischer Quelle floß, ist nicht mehr zu scheiden.

Mesopotamische und ägyptische Lehrmeister brachten den Griechen die Elemente der Mathematik, die als deduktive Wissenschaft einer hohen Ausbildung schon zu einer Zeit fähig war, wo Kritik und Experiment noch unentdeckte Werkzeuge waren. Die großen griechischen Geometer, Mathematiker und Astronomen des Altertums, die alle auch an der Geographie mitgebaut haben, hatten in Kleinasien, Ägypten und Sizilien gewirkt oder gelernt. Es ist eine große Epoche in der Geschichte der Menschheit, dieses Geben und Nehmen von Volk zu Volk, von Kulturkreis zu Kulturkreis. Die Griechen hatten bei allem Hochmut, mit dem sie auf Barbaren herabschauten, doch ein Gefühl für das, was der Orient ihre Weisen aus tausendjährigen Beobachtungen gelehrt hat, und haben es noch in der Zeit des Plato und des Aristoteles anerkannt. Ägypten scheint die Vermittlerrolle in diesem ersten großen geistigen Wechselverkehr gespielt zu haben. Thales (7. Jahrhundert v. Chr.), der die Geometrie den Griechen brachte, hatte in Ägypten an der Quelle geschöpft; Pythagoras (6. Jahrhundert v. Chr.), der sie weiterbildete, galt unmittelbar als Schüler ägyptischer Priester.

Dabei soll nicht übersehen werden, daß sie in Griechenland und besonders in Jonien einen glücklich vorbereiteten Boden hatten. Auch in Griechenland finden wir die Priester im Besitz geographischen Wissens. Delphi lag für die Griechen im Mittelpunkt ihrer Welt, und nicht bloß bildlich. Die älteste Weltkarte zeigte wahrscheinlich die Welt im Kreis um Delphi. Auch insofern war Delphi Mittelpunkt, als von hier aus die hellenische Welt überschaut und durch Orakelsprüche geleitet wurde. Auswanderungen, Städtegründungen, Entdeckungsreisen, Handelsfahrten empfingen hier Rat und Richtung. Dafür mußten Berichte der Reisenden gesammelt werden. Curtius, der in den Orakelheiligtümern den Ursprung alles geschichtlichen Wissens bei den Hellenen sieht, weist ihnen eine ähnliche Stellung auch für die Weltkenntnis zu. Er meint, man habe Schiffernachrichten in den Orakelörtern aufs genauste verzeichnet und die Ergebnisse aller neuen Reisen hier zusammengestellt. Versuche, diese Erkundigungen auf Karten zu fixieren, müßten demnach hier viel früher gemacht worden sein als in Milet, wohin die Anfänge der Erdzeichnung verlegt zu werden pflegen. Aber das Neue und Große in der griechischen Fortbildung des orientalischen Erbes ist das Heraustreten des Forschens und Lehrens aus den Priesterschulen. Die neuere Geschichte sollte mit Thales und Pythagoras anheben; wir danken ihnen eine von Glauben und Aberglauben unabhängige Wissenschaft: die Quelle aller späteren Entdeckungen und Erfindungen, auf denen unsre Kultur beruht. Das war aber der Anfang der freien Forschung und damit der eigentlichen Wissenschaft.

Die wissenschaftliche Geographie der Griechen.

So hat sich denn auch erst in Griechenland eine wissenschaftliche Erdkunde durch die Übertragung der Ergebnisse der astronomischen Studien auf die Erde entwickelt. Mit den Anfängen

der Astronomie sind dort die Anfänge der Geographie hervorgekeimt, und in diesen ehrwürdigen Grundzügen steht überhaupt das Erste und Ursprünglichste vor uns, was die Menschheit an echter Wissenschaft erzeugt hat. Es sind entscheidende Thaten, die hier verrichtet wurden. Und die entscheidendste von allen für unsere Wissenschaft war der Übergang zu der richtigen Vorstellung von der Gestalt der Erde, an den sich dann die ersten Versuche anschlossen, die Größe der Erde zu bestimmen. Damit war überhaupt die Geographie erst möglich geworden.



Erdkarte des Hekatäus von Milet. Nach Sieglin. Vgl. Text, S. 29.

Die ionischen Philosophenschulen hatten schon lange vorher die Geographie gelehrt. Ja, man kann von einer ionischen Geographie sprechen, die alt war, als Thales und Pythagoras auftraten. Das wissenschaftlich geläuterte Erdbild des größten der ionischen Philosophen-Geographen, Anaximander (6. Jahrhundert v. Chr.), und seiner Nachfolger war eine Erdscheibe von schiefer Stellung, in deren Mitte kreisrund als Doppelinsel, vom Mittelmeer durchschnitten, die bewohnte Erde, die Ökumene, lag, auf allen Seiten von dem zurückgetretenen Reste des austrocknenden Urmeeres umgeben, aus dem sie emporgetaucht war. Aber jenseit dieses Meeres

bildete ein zweites zusammenhängendes Land wahrscheinlich einen Ring um die Erde, ein wahres Festland im Vergleich mit der Insel Ökumene. Vom Mittelmeer aus um sich blickend sahen also diese ionischen Geographen einen Teil der Ökumene im Norden und einen andern im Süden, Europa und Asien. Von dem südlichen teilte Hekatäus (s. das Kärtchen, S. 28), der praktischen Auffassung der Schiffer folgend, Libyen ab. Manche Geographen des Altertums haben indessen Afrika nicht als dritten Erdteil gelten lassen, sondern Ägypten zu Asien und das übrige Nordafrika zu Europa geschlagen. Das Mittelmeer dachte man sich durch die sehr groß vorgestellte Maeotis (Asowsches Meer) nach Norden und Osten verlängert. Erst wurden Europa und Asien durch den Phasis (Rion am Ostrande des Schwarzen Meeres), später durch den größeren Tanais (Don) getrennt, ebenso Libyen von Asien durch den Nil. Als aber der geographische Horizont sich erweiterte und die Länder deutlicher erkannt wurden, ließ man die Isthmen zwischen Pontus und Kaspisee und zwischen Mittelmeer und Rotem Meer die Erdteilgrenzen bilden. Dabei folgte man aber einem dunkeln Streben nach geometrischer Regelmäßigkeit des Erdbildes, wie sie in der Kreisform und Halbierung hervortritt, auch in der Anordnung von geographischen Einzelheiten. So wie man den Nil von einem großen Südgebirge herabfließen ließ, verlegte man den Ister in das Gebirge der Ripäen im hohen Norden, und mitten zwischen die Quadranten der südlichen Erdscheibe zeichnete man das Rote Meer hinein.

Es ist eine falsche Anschauung, zu glauben, diese Vorstellung von der scheibenförmigen und ruhenden Erde sei nur ein Irrtum gewesen, den man aus Mangel besseren Wissens über sich ergehen ließ. Die Vorstellung ist vielmehr durch Einfachheit und Plastik angenehm und wurde ungern aufgegeben. Sie kehrt daher auch in späteren Jahrhunderten wieder. Man kann darüber staunen, daß die ionischen Geographen bis auf Thales, der die Lehre von der Kugelgestalt anbahnte, und Pythagoras, der sie vollendete, an der Erdscheibe festgehalten haben, da sie doch in andern Beziehungen die Erdvorstellung ihrer Zeitgenossen von Irrtümern zu säubern suchten. Aber die Überzeugung, daß die Erde kugelförmig sei, konnte nur das Ergebnis lang fortgesetzter Beobachtungen und Rechnungen sein. Vorher mußte die Hohlkugel des Himmels und die Kreisform der Planetenbahnen erkannt und die Loslösung der Erde von dem der Erdscheibe zugeschriebenen Zusammenhang mit dem Himmelsraum vollzogen sein. Die Lehre von der Kugelgestalt der Erde ist denn auch nicht als eine vereinzelte Entdeckung, sondern als Teil einer neuen Erklärung des Himmels gebracht worden, welche die Kleinheit der Erde, die Größe des Weltraumes und die Bewegung der Erde um das vom Weltmittelpunkt ausstrahlende Zentralfeuer lehrte. Aus diesem kühnen Bau hat das spätere Altertum die Erdkugel herausgelöst und alles andre verfallen lassen. Allerdings führte schon dieser Gedanke auf so viele neue Wege, daß allein sein Ausdenken einen großen Teil der Beobachtungen der Alten über die Erde ausgefüllt hat. Es ist ein weiter Weg von der Annahme der Jonier, daß es nur einen Horizont gebe mit überall gleicher Tageszeit und Tagesdauer, bis zu dem Gedanken an unzählige Horizonte, die mit den Standpunkten sich ändern, und bis zu dem Wechsel der Beleuchtung zwischen der Tag- und Nachtgleiche des Äquators und der langen Nacht der Pole. Gesehen hat kein Grieche die Polarnacht, aber eine Ahnung davon liegt wohl in dem Ausspruch des Xenophanes, es gebe monatelange Sonnenfinsternisse. Eine Zonenlehre, deren fünf Hauptzonen noch heute angenommen werden, befestigte die Einsichten, die man in die zwischen Äquator und Pol wechselnden Beleuchtungsverhältnisse der Erde gewann. Allerdings gebar diese Zonenlehre, die auf Parmenides zurückgeführt wurde, auch das Schreckbild einer unbewohnbaren, verbrannten Tropenzone, das trotz manchen Vordringens über die

Wendekreise hinaus, und trotzdem die griechische Geographie zu Eratosthenes' Zeit ihre Unmöglichkeit klar erkannte, erst durch die portugiesischen Entdeckungen an der Westküste Afrikas ganz verscheucht worden ist (vgl. oben, S. 18).

Die geographischen Ansichten des Plato und des Aristoteles (4. Jahrhundert v. Chr.) erscheinen als Deduktionen aus dem seit den Pythagoreern herangewachsenen System, die aber nicht an allen Stellen der bekannten Welt mit den Thatsachen in Übereinstimmung gebracht werden konnten. Daher Unklarheit und Schwanken und vielleicht mit daher auch die Neigung Platos zu mythischer Einkleidung seiner geographischen und kosmologischen Gedanken. Plato spricht sich über die Kugelgestalt der Erde deutlich aus, indem er sie mit einem Ball vergleicht, von ihrem Mittelpunkt redet und im Phädon den Sokrates sagen läßt, daß die Erde, wenn sie rund ist und in der Mitte des Himmels liegt, weder der Luft noch einer andern ähnlichen Stütze bedürfe, um nicht zu fallen, sondern daß die um und um sich selber ähnliche Beschaffenheit des Himmels und das Gleichgewicht der Erde selbst genügend sei, sie zu halten. Plato hat den nicht mehr großen Schritt zu der Vorstellung von der Bewegung der Erde nicht entschieden gemacht, aber es ist nicht unmöglich, daß er sie gebilligt hat. Platos Äußerungen sind auch auf dem Gebiete der physikalischen Geographie sehr oft so unklar, daß man wohl erkennt, wie ihm die dichterische Verbindung der Erscheinungen ein höheres Ziel war als ihre forschende Zerlegung.

Aristoteles stand in jeder Beziehung den Erscheinungen näher, er hatte die Achtung des Naturforschers vor dem Wirklichen. Er teilte die Weltkugel in zwei Teile. Der oberste nimmt die Sphäre der Fixsterne ein, und unter dieser liegen die Sphären, in denen die Planeten sich bewegen. Unter der Sphäre des Mondes liegt konzentrisch die Erde und zwar ruhend als Kugel, deren Notwendigkeit Aristoteles aus dem Streben aller schweren Elemente nach dem Mittelpunkte ableitet. Er kennt die meisten Beweise für die Kugelgestalt, die seitdem in den Schulen gelehrt werden: den Erdschatten an dem verfinsterten Monde, die Veränderung des Horizontes beim Wechseln des Standpunktes zwischen Süden und Norden, denn er weiß von dem Wechsel der Sterne, die im Zenith stehen, vom Erscheinen neuer Sterne in Cypern und Ägypten, die man in Griechenland nicht sieht, und vom Auf- und Untergehen von Sternen in südlicherer Breite, die in nördlicherer immer über dem Horizont bleiben. Daß man aus der Größe dieser Veränderungen den Schluß ziehen könne, die Erde sei verhältnismäßig klein, ist ihm vertraut, und ebenso erwähnt er die darauf begründeten Erdmessungsversuche der Mathematiker, die auch Plato kannte. Die Unbedeutendheit des Planeten gegenüber dem Weltganzen gibt ihm den Grund, Phantasien, wie die Bildung der Sterne aus der Ausdünstung der Erde, abzuweisen. Vielleicht hat er aus dem gleichen Grunde auch den Zusammenhang der Ozeane als eines Weltmeeres um die inselförmige Ökumene für wahrscheinlich gehalten.

Eratosthenes (3. Jahrhundert v. Chr.) beobachtete mit Hilfe der Skaphe, einer hohlen Halbkugel, in deren Mitte ein Schattenmesser angebracht war, die Länge des Sonnenschattens am Tage der Sommersonnenwende in Alexandrien. Der Sonnenstrahl, der hier einen Winkel mit dem Stabe des Gnomon oder Schattenmessers bildet, würde in Syene, das er sich auf demselben Meridian denkt, mit dem Stab zusammenfallen. Die Sonnenstrahlen bilden also einen Winkel, der den fünfzigsten Teil des Meridians beträgt. Die Entfernung zwischen Alexandria und Syene nimmt er zu 5000 Stadien an, woraus er die Größe der ganzen Erde zu 250,000 Stadien gewinnt. Vorgänger und Lehrer des Eratosthenes in dieser Sache war Dikäarch (3. Jahrhundert), der auf Grund einer angenommenen Entfernung von 20,000 Stadien zwischen Lysimachia am Hellespont und Syene und der Bestimmung des Meridianabstandes beider Orte nach

ihren Scheitelsternen im Krebs und im Kopf des Drachen zu 1/15 eines Meridians einen Erdumfang von 300,000 Stadien bestimmt hatte.

In der physikalischen Geographie waren die griechischen Philosophen ebenfalls weit von den mythischen Vorstellungen fortgeschritten, die noch tief in ihre Zeit hineinragen. Aber keine Astronomie kam hier zu Hilfe, denn die Erscheinungen der physikalischen Geographie sind klein und zu verwickelt; sie können sich nicht am Sternenhimmel abzeichnen. Es war schon ein Fortschritt, daß ihnen der Himmel nicht mehr als eine Art von verdichteter Ausdünstung der Erde erschien, sondern daß sie annahmen, die Atmosphäre umgibt die Erde als eine bewegliche Hülle, und jenseits ist der reine Äther; jene ist die Sphäre der Winde und Wolken, dieser des Feuers und Lichts. Man kam der Wahrheit so nahe, daß man die Ursache der Nilüberschwemmungen in Regenmassen vermutete, die von der Sonne emporgezogen worden waren und als Regen wieder herabstürzten, und daß man in der Entstehung der Winde die Unterschiede der Wärme auf der Erde wirksam fand. Die Hydrosphäre bildet ihnen eine Hülle um die Erde, deren inneren Zusammenhang in Meer, Niederschlägen, Quellen und Flüssen Aristoteles bereits klar erkannt hat, der jedes Teilchen des verdunstenden Wassers zur Erde zurückkehren läßt. Vor ihm hatte man die Flüsse als aus dem Meere kommende und in das Meer zurückkehrende, die ganze Erde durchpulsende Teile eines großen Erdgeäders aufgefaßt. Schon die Pythagoreer hatten den Zusammenhang des äußern Meeres gelehrt. Die Abhängigkeit der Gezeiten von den Mondphasen hat man erst nach den Entdeckungen des Pytheas zu verstehen angefangen; dagegen gab es frühere Vorstellungen von dem Einfluß der Winde auf Meeresströmungen, die eben das sund- und buchtenreiche Mittelmeer leichter beobachten ließ. Die Erde war aus dem Meere hervorgetaucht, im großen durch Wenigerwerden des Meeres, in einzelnen Fällen durch die anschwemmende Thätigkeit der Flüsse. Aber in tiefer Vorahnung lehrte Aristoteles auch schon den ewigen Wechsel zwischen Meer und Land, die niemals dauernd dieselben Stellen auf der Erde einnehmen können.

Die Geographie zur Römerzeit.

Die vom Himmel auf die Erde herniedergestiegene Astronomie konnte mit ihren großen, zu großen Gedanken einer Zeit nicht genügen, die sich mit dem Einzelnsten und Kleinsten der Erde erst auseinanderzusetzen hatte. Bequemte sie sich mit der Annahme einer kreisförmigen Erdscheibe, die wenig über den Pontus hinausreichte, dem engen Gesichtskreis des 6. Jahrhunderts an, so ging die Lehre der Pythagoreer von der Kugelgestalt der Erde über alle thatsächliche Erfahrung hinaus und konnte niemals feste Wurzel fassen. Herodot spottete über das äußere Meer, das niemand kennt. Wie schwankend und verschwimmend die Erdvorstellung in weiten Kreisen der Griechen und Römer gewesen sein muß, das lassen am besten die Irrtümer erkennen, die möglich waren, und nicht bloß bei Ungelehrten, sondern bei Leuten, die über Geographie geschrieben haben. Gab es doch Zweifler, welche die Kugelgestalt der Erde allein wegen der hohen Berge und der Meerestiefen verneinten!

Als nun die Astronomie mit Hipparch (2. Jahrhundert v. Chr.) an einem Punkte angekommen war, wo sie mit den Werkzeugen und Methoden der Alten nicht mehr weiterkam, wandte sich die Geographie ganz den länderkundlichen Aufgaben zu. Diese Tendenz mag ebensowohl durch die den Abstraktionen abgewandte Geistesart der jetzt die Welt leitenden Römer als durch das praktische Bedürfnis Roms nach militär- und verkehrsgeographischen Beschreibungen seiner ausgedehnten Ländermasse befördert worden sein. Der tiefste Grund aber lag sicherlich

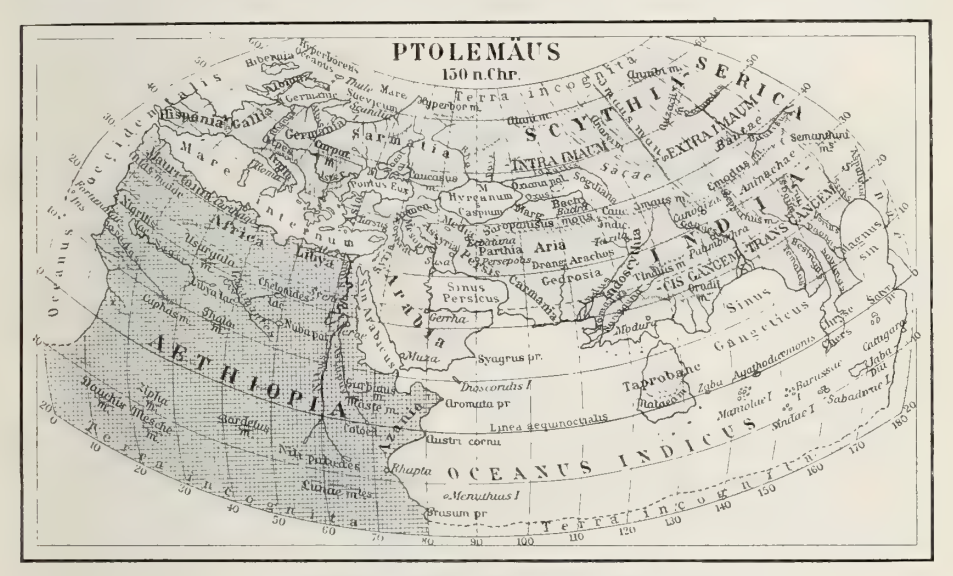
in dem Verfall der höheren, dem praktischen Leben fremden Wissenschaften überhaupt, der wie eine innere Krankheit das Leben der Alten beim Niedergange des Griechentums beschlich. Aus der Philosophie war die wissenschaftliche Geographie der Griechen hervorgegangen, und mit der Philosophie starb auch diese ihre Tochter.

Herodot hatte das Beispiel einer Völker- und Länderbeschreibung gegeben, die weniger auf Genauigkeit als auf Mannigfaltigkeit der Angaben ausging. Strabo (1. Jahrhundert n. Chr.) ging noch hinter ihn zurück, indem er mit deutlicher Absicht Homer als Vater der Geographie feierte und Eratosthenes tadelte, weil er die Gestalt und Größe der Erde zu ausführlich behandelt habe. Strabo weist auch die Betrachtungen über die unbekannten Teile der Erde und selbst über das äußere Meer ab. Er will nur die Ökumene, die bewohnten und bekannten Länder und Meere, schildern und erinnert an unsre zentripetalen Methodiker, wenn er empfiehlt, die durch Heimatsangehörigkeit und Staatsbürgertum nächstliegenden Gebiete zu bevorzugen. Auch die geschichtlichen und altertumskundlichen Bemerkungen will er beschränkt wissen. Fragen wir nun, wie er selbst dieses sein Programm ausgeführt hat, so preisen wir ihn zwar nicht so unbedingt, wie noch Joh. von Müller, wegen seiner Genauigkeit, müssen aber den außerordentlichen Reichtum seiner Angaben um so mehr hervorheben. Strabo war ein fleißiger Sammler und nicht geistloser Beschreiber. Schade, daß er des Eratosthenes und andrer älterer Geographen Leistungen in seiner Erdbeschreibung mehr kritisiert als verwertet hat.

Strabo hat das Verlangen des Geographen nach eigener Anschauung in eine bestimmte Form gebracht, gewissermaßen methodisiert, indem er es mit seiner Forderung verband, aus der eigentlichen Geographie alles Mathematische, Astronomische und Physikalische auszuscheiden. Der Geograph soll nur den übersehbaren Raum der Länder und Meere, die Ökumene, den Schauplatz der menschlichen Thätigkeit im großen und im kleinen in Betracht ziehen, insbesondere die Teile, die ihm in Bezug auf seine Heimatsangehörigkeit und sein Staatsbürgertum naheliegen, auf Grund der neuesten Entdeckungen und eigener Reiseerfahrung beschreiben nach ihrem Klima, ihren Produkten, ihren Eigentümlichkeiten und Sehenswürdigkeiten, ihrer Lage, Größe, Einteilung und Begrenzung, ihrer Bewohnerschaft und ihren staatlichen und gesellschaftlichen Einrichtungen. Der gegenwärtige Zustand soll im Auge behalten, keine historisch-archäologischen Untersuchungen angestellt werden. So einseitig übertrieben auch die Forderung Strabos sein mag, auch alles Forschen nach Ursachen, selbst die Frage nach dem unbekannten Ozean beiseite zu lassen: es liegt darin das Gefühl für das, was die Zeit wollte. Was dies war, das zeigt uns deutlich die Wirksamkeit seiner Vorgänger und Mitstrebenden, unter denen vor allem Polybius zu nennen ist. Polybius (2. Jahrhundert v. Chr.) trat an die Geographie als Universalhistoriker heran, der das Bedürfnis fühlte, den Boden klar zu überschauen, den das unter seinen Augen mächtig wachsende römische Reich beherrschen sollte. Als gebildetem Griechen fehlte ihm nicht das Interesse für die Zonen- und Ozeanfrage, aber die ihm eigene geographische Auffassung ist eine historisch-politische, und der römische Geist in ihm dringt auf die Hervorkehrung des militärisch Wichtigen. Sein Bestes gibt er in den Länderbeschreibungen und in der Darstellung geschichtlich bedeutsamer Örtlichkeiten, wie des Bosporus. Darin übertreffen diese beiden Geographen, die griechisch schrieben, die römischen Schriftsteller, unter denen Plinius der ältere (1. Jahrhundert n. Chr.) die Geographie durch eine Masse von zusammengetragenen Thatsachen bereichert hat; aber es sind nur trockne Abschnitte seiner „Historia Naturalis“, die vom Geographischen handeln. Wo Geschichtschreiber wie Cäsar und Tacitus die Geographie streifen, zeichnen sie Bilder von Ländern und Völkern, in denen das Land immer

dürftig behandelt wird, während ein Werk wie die „Germania“ des Tacitus als die erste ethnographische Monographie bezeichnet werden kann. Mit wie unvollkommenen Karten das praktische Bedürfnis auskam, lehrt die römische Wegkarte, die wir als „Tabula Peutingeriana“ kennen, mehr eine Orts- und Straßentabelle in Kartenform als eine Karte.

Wenn auch die griechische Geographie in diesem von politischen Zwecken getragenen Streben nach praktisch brauchbaren Länder- und Völkerbeschreibungen nicht blühen konnte, so waren doch die Werke ihrer großen Begründer noch lebendig. An der Kritik, die Strabo dem Eratosthenes zu teil werden läßt, merkt man, daß dieser noch nicht vergessen ist. Es kam sogar zu Versuchen einer Wiederbelebung der wissenschaftlichen griechischen Geographie. Posidonius aus Apamea (1. Jahrhundert v. Chr.), von dessen Werk wir leider nur Bruchstücke haben, be-



Erdbild des Ptolemäus. 150 n. Chr.

handelte die alten Fragen der Zonen, des unbewohnten Tropengürtels, des Ozeans im Geiste seiner großen Vorgänger, hatte aber offenbar dabei die günstige Gelegenheit ausgenutzt, in dem großen Römerreiche Länder und Völker kennen zu lernen, wodurch er uns den Eindruck eines an echt geographischer Vielseitigkeit hoch über Strabo stehenden Mannes macht. Sein Erdmessungsversuch, der ein viel weniger richtiges Resultat ergab als der Eratosthenische, hat wahrscheinlich nur die Methode der Erdmessung verdeutlichen sollen.

Der weitesten Ausdehnung des geographischen Horizonts wurden noch im Zeitalter Trajans und Hadrians zwei Geographen gerecht, die das alte Problem der Erdkarte zu lösen suchten, indem sie zugleich die Fülle der neuen orts- und länderkundlichen Angaben wissenschaftlich klassifizierten. Der ältere ist Marinus von Tyros, der sein unter ausführlicher Benutzung der älteren Litteratur und der neueren Berichte geschaffenes Werk nicht vollenden konnte, das dann Ptolemäus (2. Jahrhundert n. Chr.) abschloß (s. das obenstehende Kärtchen), nachdem er der Welt sein großes mathematisch-astronomisches Sammelwerk gegeben hatte, das, bei den Arabern als „Almagest“ noch mehr zu seinem Ruhm beigetragen hat als seine Geographie. In dieser geht Ptolemäus bewußt von der astronomischen Grundlage aus, indem er die Kenntnis unsrer an

sich unüberschaubaren Wohnstätte, der Erde, als nur aus der Beobachtung des Himmels zu gewinnen bezeichnet. Da ihm aber nur eine kleine Zahl der über alles zu schätzenden astronomischen Ortsbestimmungen vorliegt, so sammelt er, das reiche Material des Marinus mit benutzend, alle zugänglichen Entfernungsangaben, um durch sie den Orten der Erde ihre Lage und der Ökumene ihre äußersten Grenzen zu bestimmen. Er gibt die Lage von 350 Orten an, auf die alle andern bezogen werden sollen.

In diesen Männern verband sich der weite Blick, der den Ostrand Asiens erfaßte und den Südrand Afrikas dämmern zu sehen meinte, mit der Tendenz der Beschreibung und Darstellung dieser Erde, die soviel größer geworden war. Das lag in der Überlieferung ihrer Vorgänger, und außerdem empfahl es ihnen das praktische Bedürfnis der immer verkehrsreicher werdenden Zeit und besonders des römischen Reiches. Ihr Streben war, gute Karten dieser ins Weite wachsenden Welt zu schaffen, gegründet auf reichliche Ortsbestimmungen und Wegmessungen. Sie wurden daher vor allem Sammler geographischer Materialien in Ortstabellen und auf Karten, für deren Entwerfung Ptolemäus neue Wege beschritten hat, die man erst zwölfhundert Jahre später fortzuführen vermochte. Diese Geographen waren der wissenschaftlichen Kartographie nähergekommen als alle ihre Vorgänger; sie standen in der Auffassung der Erde, der Erdteile und Meere hoch über allen Geographen bis zum Ende des 15. Jahrhunderts, ja man kann sagen, daß die Entdeckung Amerikas aus ihren geographischen Anschauungen hätte folgen müssen, wenn diesen ein Weiterleben vergönnt gewesen wäre. Aber leider hat Ptolemäus keinen Nachfolger gefunden; die wissenschaftliche Geographie der Alten starb mit ihm aus.

Die Länderbeschreibung im Sinne Strabos war dem Bedürfnis des größten Reiches des Altertums entsprungen, die Länder und Völker unter römischer Herrschaft zu kennen. Sie hatte einen deutlichen politischen Zweck. Als das Reich zerfallen war, gab es keinen solchen Zweck mehr. Nun trat die natürliche Lage der Orte auf der Erde wieder in den Vordergrund. Dem Mittelalter erschien daher, als es sich nach dem Altertum zurückwandte, als der größte Geograph weder Polybius noch Strabo, noch auch der geistlosere, wenn auch am meisten gelesene Pomponius Mela, sondern Ptolemäus, der in der richtigen Zeichnung der Erdkarte das höchste Ziel der Geographie erblickte. An ihn knüpften zunächst die Araber an, und an seinem Werke gewann im 15. Jahrhundert die Geographie Neubelebung, die zur Wiedergeburt führte. Man glaubte, von ihm selbst Karten zu haben, die bis tief in das 16. Jahrhundert die Atlanten ersetzten. Doch hat Ptolemäus selbst keine Karten hinterlassen; die in den älteren Ptolemäus-Ausgaben zu findenden stammen von dem Mathematiker Agathodämon, der ins 5. Jahrhundert n. Chr. gesetzt wird.

Die Geographie im Mittelalter.

Mit allen Wissenschaften ist im Mittelalter auch die Geographie gesunken, doch nicht so tief wie Philosophie, Geschichte und die bei den Griechen verheißungsvoll herangeblühten Naturwissenschaften. Die Geographie hatte von allen Wissenschaften dieser Zeit die engsten Verbindungen mit dem Leben; und so sehen wir die Entdeckungen gerade durch jene Tendenzen des mittelalterlichen Geistes fortschreiten, die den Wissenschaften im ganzen ungünstig waren: Religion und Krieg. Die Kreuzzüge, die Wanderungen der Missionare und in geringerem Maße die Thätigkeit der Kaufleute führten die Menschen des Mittelalters über die Grenzen der alten Völker hinaus. Es gilt das besonders von Afrika, dann von Innerasien und

Nordeuropa. Wie weit der Horizont des Mittelalters unter denjenigen des Altertums gesunken war, zeigt deutlich die große That im Gebiet geographischer Entdeckungen, welche die Neuzeit eröffnete, die Entdeckung Amerikas. Sie ist nur halb zufällig gemacht worden, aber in bestimmter Anknüpfung an antike Vorstellungen, und mit nicht viel größeren Hilfsmitteln der Wissenschaft, als das Altertum selbst besessen hatte.

Rein wissenschaftlich hat das Mittelalter sich überhaupt dort die größten Verdienste erworben, wo es die Schätze der Alten am besten konserviert hat. Darin liegt vor allem die Bedeutung der Araber, daß sie die Konservatoren der alten Astronomie und Geographie wurden. Darum bedeutete die Annäherung des Westens an den Orient in den Kreuzzügen auch wissenschaftlich soviel, weil eben im Osten mehr von der babylonischen, ägyptischen, griechischen Wissenschaft übriggeblieben war, als der Westen hatte. Es ist eine der merkwürdigsten, bezeichnendsten Thatsachen dieser Zeit, daß Heinrich der Seefahrer arabische und jüdische Astronomen und Geographen um sich hatte und den Ptolemäus mit arabischem Kommentar las. Die Araber haben auch in Erdmessungen und Ortsbestimmungen die geographischen Bestrebungen der Griechen wieder aufgenommen. Aber die hohen wissenschaftlichen Ziele eines Eratosthenes blieben ihnen fremd. Es genügt ein Blick auf die Karte dieser Zeit, um den Unterschied zu sehen. Wir kennen überhaupt keine arabischen Gradkarten. Die Karten der mittelalterlichen Geographen wollten gar keine wahren Bilder der Erde sein, sondern nur Zeichnungen gedachter oder gedichteter allgemeiner Einteilungen der Erde; ihre Einzelheiten sind mehr ornamentale Symbole als Naturbilder. Daher stand die wissenschaftliche Kartenzeichnung nach den hohen Errungenschaften der letzten alten Geographen einfach still.

Soweit ein Zeitalter Naturwissenschaft hat, soweit kann es auch physikalische Geographie haben; denn diese ist ein Zweig am Baume der Naturwissenschaft. Im Mittelalter empfing dieser Baum unendlich wenig Nahrung, und daher ist auch die physikalische Geographie des Mittelalters ein schwaches Ästlein mit vielen dürren Blättern. Der menschliche Geist war in diesen Jahrhunderten dem Ewigen zugewandt, und die Betrachtung des Zeitlichen konnte nur dazu dienen, Beweise für die Größe und Güte des Schöpfers zu geben. Man suchte in der Natur nicht Wahrheiten, sondern Beweise, die Metaphysik verschlang die Physik. In der Geographie tritt schon äußerlich eine Zerrüttung durch das Verschwinden des Namens Geographie zu Tage. Die scharfe Begriffsbestimmung der Alten stumpfte sich ab, man nannte die Beschreibung des Erdkreises Geometrie oder Kosmographie. Zwischen dem praktisch Nützlichen und dem Glauben bleibt so wenig Raum übrig für die wissenschaftliche Erkenntnis, daß der Ozean nur noch wegen seiner Wirbel und Stürme betrachtet wird, wo er doch im Weltbilde der Alten eine so gewaltige Stellung eingenommen hatte. Die Alpen wurden im Mittelalter viel mehr überschritten als im Altertum und nach und nach überall urbar gemacht. Aber wir finden kaum eine Erwähnung ihrer Naturerscheinungen. Gletscher immer wieder zu überschreiten, ohne sich um ihre Natur zu kümmern, setzt eine Art von geistiger Blindheit voraus.

Es wäre aber ganz unrichtig, zu glauben, diese merkwürdige Zeit habe überhaupt keinen Blick für die Natur gehabt. Die Natur als ein Werk Gottes hat von Kirchenvätern und religiösen Dichtern begeisterten Preis empfangen, aber dabei handelte es sich nur um die Wirkung ihrer Größe und Schönheit auf die Phantasie der Gläubigen. Hier konnte kein Widerspruch zur Bibel stattfinden, denn die Bibel enthält ja besonders im Alten Testament außerordentlich schöne Naturbilder. Dagegen hat der Gegensatz der in diesem heiligen Buch niedergelegten Offenbarung zur Wirklichkeit der Natur wesentlich dazu beigetragen, daß die Geographie als

Naturwissenschaft nicht gefördert werden konnte. Denn bis zum Ende des Mittelalters war die Bibel das unangezweifelte Gesetzbuch wie für die Handlungen, so für das Denken des Menschen. Sie sollte alles enthalten, was Menschen wissen können und sollen. Und wie einst Homer, wurde nun Moses, allerdings mit noch viel geringerem Recht, als der erste und größte Kosmograph angesehen. Nichts ist bezeichnender für die damalige Anschauung, als daß die Rückkehr zu den Werken der Griechen und Römer damit begründet wurde, daß sie das beste Mittel böten, um den Verstand für das Bibellesen heranzubilden.

Die geistige Verbindung mit dem Altertum mußte sich mit den lateinischen Quellen begnügen, da erst im 12. Jahrhundert die Werke der Griechen in größerer Menge dem Abendland zugänglich gemacht wurden. Um die Wende des 12. und 13. Jahrhunderts begann jener Einfluß des Aristoteles, der dem letzten Jahrhundert des Mittelalters den Stempel aufdrückt. Bezeichnenderweise geschah das großenteils durch die Übertragung arabischer Übersetzungen ins Lateinische, ebenso wie Ptolemäus aus dem Arabischen wiedererstand. Die scholastische Philosophie, die größte wissenschaftliche Schöpfung des Mittelalters, ist auch in der Geographie vollständig auf die Alten zurückgegangen. Aristoteles ist in der Geographie ihre größte Autorität. Aus der Scholastik ist der größte Geograph des Mittelalters hervorgegangen, Albertus Magnus, von dessen „Liber de natura locorum“ Alexander von Humboldt sagt: „Auf der alten Zonenlehre baut sich hier eine wahre vergleichende Erdkunde auf, in der nicht bloß der Einfluß des Klimas, sondern auch des Bodens, der Meere, Berge und Wälder auf ihre Bewohner eingehend dargestellt wird.“ Auch sie ist in den Grundzügen den Schriften der Alten über diesen Gegenstand nachgebildet, enthält aber eine große Anzahl selbständiger Beobachtungen.

Die Geographie der Renaissance.

Der frische Hauch der Renaissance der Wissenschaften weckte auch die Geographie zu neuem Leben auf. Von einzelnen Humanisten wurde Ptolemäus eingehender studiert. Konrad Peutinger und Wilibald Pirkheimer gehören zu den ersten Förderern geographischer Studien, wobei sie aber durchaus nicht abhängig blieben von den antiken Mustern, sondern mit freiem Blick die Welt der Gegenwart anschauten. Peutinger ist ebenso berühmt als der Erhalter der nach ihm benannten Tabula Peutingeriana, wie durch die Sammlung und Übersetzung von spanischen und italienischen Berichten über die Neue Welt. Pirkheimer hat eine vortreffliche, mit einer Karte geschmückte Ptolemäus-Ausgabe gemacht und zugleich eine kurze Beschreibung von Deutschland geliefert, welche die erneuerte Karte Deutschlands von Nikolaus von Cusa (1464) begleiten sollte: eine eigentümliche Erscheinung, das warme Interesse an der eigenen Heimat bei diesen Schülern und Verehrern des Altertums. So schrieben auch Wimpheling, Konrad Celtis und Franz Irenicus über die Geographie von Deutschland, Celtis in Versen. Durch Pirkheimer wurde außerdem Nürnberg der Sitz einer ganzen Schule von trefflichen Geographen und Kartographen. Noch im 15. Jahrhundert hatte Regiomontanus in Nürnberg die astronomischen Beobachtungen und Instrumente zur Ortsbestimmung verbessert. Johannes Schöner folgte ihm darin und schuf treffliche Karten und Globen sowie erdbeschreibende Werke. Die Theorie der Ortsbestimmung nimmt ein eigenes Kapitel in der Kosmographie des Peter Apian ein, dem verbreitetsten, in 23 Auflagen erschienenen Lehrbuch der Geographie im 16. Jahrhundert, und lange Listen von Längen und Breiten wurden aufgestellt, so von Stöffler in Blaubeuren, dem Lehrer Sebastian Münsters, eine mit 400 Orten; Stöffler hat sich auch mit

der Theorie der Beobachtungen beschäftigt. Aus dem kleinen Saint-Dié (Sankt Diez) in Lothringen ging von dem Freiburger Waldseemüller (Hylacomylus) die klare und anschauliche Cosmographiae Introductio von 1507 hervor, an die sich der weltgeschichtliche Scherz von grausamer Ironie knüpft, daß der Stubengelehrte der Entdeckung des Kolumbus den Namen Amerigo Vespuccis beilegte; denn die Neue Welt trug hier zum erstenmal den Namen Amerika.

Die Rückkehr zu Ptolemäus brachte die Aufgabe der Kartenprojektion den Mathematikern nahe, die sich in den astronomischen und geographischen Werken der Alten unterrichteten. Es ist bezeichnend, daß Donis' lateinischer Ptolemäus von 1470 die Karten zum ersten Male nach selbständigem Entwurfe bringt. In den ersten Jahrzehnten des 16. Jahrhunderts wurden kleinere Fortschritte im Kartenentwurf gemacht, die ersten, seit Ptolemäus sein Werk abgeschlossen hatte; epochemachend wurden aber zwei neue Methoden des Gerhard Kremer aus Duisburg (1512—94): der konische Entwurf für Landkarten und der nach Kremer (Mercator) benannte, die Kugel als Walze mit polwärts zunehmenden Breitenabständen behandelnde für Welt- und Seekarten. Die äquivalente Projektion des Stabius und die Polarprojektion des Postell werden in manchen Fällen bis heute angewendet. Die Blüte des Holzschnittes und Kupferstichs im damaligen Deutschland erleichterte die Herstellung guter Karten, deren Zeichnung und Umrahmung zum Teil von Künstlerhand herrühren. Die ganze Kartographie, namentlich die deutsche, solange sie sich des Holzschnittes bediente, hatte einen künstlerischen Zug, der sich besonders in den malerischen Städtesignaturen kundgibt. Des Apian naturtreue bayrische Städtebilder sieht man immer mit Vergnügen an. Den Kartensammlungen, die den Ptolemäus begleiteten, fügte man seit 1513 in Deutschland weitere Karten hinzu, aus denen dann Atlanten hervorgingen. Eine der ersten Sammlungen dieser Art gab Froschauer 1549 als Landtafeln von Deutschland, Frankreich und der Eidgenossenschaft heraus. Nach manchen kleineren Sammlungen erschien 1569 Abraham Ortelius' (Örtel) „Theatrum orbis terrarum“ und 1595 Mercators „Atlas“. Durch die Thätigkeit dieser Männer, die von Geburt Deutsche waren, verlegte sich der Schwerpunkt der Kartographie nach den Niederlanden, allerdings erst, nachdem der wissenschaftliche Höhepunkt überschritten war. Ortelius legte großes Gewicht auf die Sammlung guter Territorialkarten, die ihm durch die große Anzahl von Geographen erleichtert ward, die damals in Deutschland arbeiteten, auch von größeren Gebieten, wie Bayern, Sachsen, Lothringen, topographische Aufnahmen veranstalteten. Zugleich ist Ortelius der Schöpfer der historischen Geographie; er schrieb 1575 eine der ersten von jenen antiquarischen Reisen: „Itinerarium per nonnullas Galliae belgicae partes“, die von da an häufig wurden.

Wieder, wie in der Zeit der ionischen Philosophen, bereiteten die Fortschritte der Himmelskunde die Wege für die wissenschaftliche Erdkunde. Regiomontanus, der von 1471 an in Nürnberg wirkte, vervollkommnete die Werkzeuge zur Ortsbestimmung, und ebenfalls in Nürnberg wurde die Methode der Winkelberechnung verbessert. Schöner in Nürnberg gehört zu den Kartographen, die mit kritischem Fleiß die zerstreuten Nachrichten über die „Neuen Inseln“ kartographisch verarbeiteten (s. das Kärtchen, S. 38). Während die großen geographischen Entdeckungen die Welt verdoppelten, baute Kopernikus in seinem erst 1543 veröffentlichten Werke „De Revolutionibus“ ein neues Weltsystem auf, dem Galileis Anwendung des Fernrohres auf die Himmelsbeobachtungen und Keplers Nachweis elliptischer Planetenbahnen (1610) die sichersten Stützen verlieh. Die Hinzufügung desselben Fernrohres zu den Winkelinstrumenten verschärfte die Genauigkeit der geographischen Ortsbestimmungen und erhöhte die Treue der

geographischen Karten. Für die Erdmessung war damit eine neue Bahn eröffnet. Das 16. Jahrhundert sah noch Versuche der Erdmessung nach Eratosthenischer Methode, aber Snellius wandte 1615 zum erstenmal die Triangulation an. Endlich wurde der schwierigste Punkt bei Ortsbestimmungen, die Bestimmung der Länge, die zur See bisher nur auf Schätzung beruhte, durch die Beobachtung der Mondfinsternisse wesentlich erleichtert. Die von Werner schon 1514



Weltbild des Johannes Schöner von 1515. Nach Kretschmer. Vgl. Text, S. 37.

vorgeschlagene Längenbestimmung durch Mondabstände ist erst 1760 in die Praxis übergeführt worden.

Der Gewinn weiter und vielfältiger Anschauungen, den die Erweiterung des Horizontes brachte, stellte sich schon bei Kolumbus ein, als er bei der ersten Fahrt nach Westen jenseit der Azoren in kühlere Gegenden zu kommen meinte. Auch weiter im Norden vermutete man früh das kältere Klima im westlichen Atlantischen Ozean und der östlichen Teile der Neuen Welt. Den klimatischen Gegensatz von kontinental und ozeanisch ahnte man beim Vergleich von Spitzbergen und Nowaja Semlja. Die Abnahme der Wärme mit der Höhe deutete schon

ein Zeitgenosse des Kolumbus an, und auf die höhere Lage der Firngrenze an Bergen der Tropenzone wurde von frühen Besuchern Südamerikas hingewiesen. Der große Naturbeobachter Acosta, der die Dreigliederung Perus in eine trockene, eine warme und eine kalte Höhenzone durchführte, hat auch schon die Abhängigkeit der Regenzeiten der Tropen vom Sonnenstand gelehrt, und Kolumbus zog aus der Abnahme der Niederschläge auf den entwaldeten Azoren den Schluß auf die örtliche Begünstigung der Niederschläge durch Wald. Der Regenmesser, den Lionardo da Vinci erfunden hatte, blieb allerdings unbenutzt. Unterschiede der Pflanzen- und Tierwelt wurden nicht bloß geahnt; man dachte an eine Anordnung in Höhenzonen um hohe Berge. Leonhard Rauwolf machte 1574 eine Reise nach Syrien und Mesopotamien eigens zum Zweck der Sammlung von Pflanzen, wobei freilich der medizinische Nutzen im Vordergrund stand. Sein Herbarium, das älteste, wird noch heute in Leiden aufbewahrt. Zu einer wissenschaftlichen Sammlung und Anordnung der Pflanzen und Tiere der Neuen Welt hat erst Marggraf durch seine Thätigkeit in Brasilien im 2. Viertel des 17. Jahrhunderts den Anstoß gegeben. Die Ozeanographie machte ihre ersten Schritte an der Hand der Nautik. In Mercators Karte von Holland (1585) finden wir Seetiefen, die zum Gebrauche der Schiffer in den Küsten- und Hafenplänen eingetragen wurden, bis auf mäßige Uferabstände. Die Gezeiten wurden aus demselben praktischen Grunde genau beobachtet. Ihr Zusammenhang mit Mond- und Sonnenständen war klar, aber für ihre Entstehung durch die Anziehung des Mondes schuf erst Kepler die wissenschaftliche Grundlage. Nachdem schon die Portugiesen den Guineastrom erkannt hatten, wies die Fahrt des Kolumbus auf die großen atlantischen Strömungen hin. Kolumbus selbst hat versucht, sie mit der Umdrehung der Erde in Zusammenhang zu bringen, und als erste Boten einer großen naturgemäßen Verknüpfung von einzelnen Beobachtungen treten uns im 16. Jahrhundert die Auffassungen polarer Strömungen nach der Äquatorialzone, die durch Verdunstung Wasser einbüßt und äquatorialer Strömungen nach den Polen wegen der Ausdehnung des Wassers durch Erwärmung entgegen. Auf den Karten sind merkwürdigerweise die Strömungen mit Ausnahme der norwegischen Küstenströme erst spät eingetragen worden; ein Versuch Athanasius Kirchers blieb vereinzelt.

Die von Flavio Gioja zuerst in die europäische Nautik eingeführte Magnetnadel wurde wie alle Werkzeuge, die der Seefahrt dienen konnten, im 16. Jahrhundert mit der größten Aufmerksamkeit beobachtet. Kolumbus legte mit Recht großes Gewicht auf die westliche Mißweisung, die er bei seiner ersten Reise beobachtete, und Mercator trug zwei Linien reiner Nordweisung in seine Karten ein. Gabotto erwog die Möglichkeit der Längenbestimmung durch die Mißweisung. Auf Grund der von Hartmann 1543 entdeckten Inklination konnte Gilbert 1600 die Erde als einen großen Magneten ansprechen, und damit war der Boden für die Erkenntnis des Erdmagnetismus gegeben.

Sehr langsame Fortschritte machte die Kenntnis der Bodenformen. Das 16. Jahrhundert hatte selbst in rein topographischen Fragen viel weniger richtige Vorstellungen als das Altertum. Wir fühlen die Abschwächung der Urteilskraft, wenn Sebastian Münster Gipfelhöhen von 2—3 Meilen in den Alpen für möglich hält. Erst die Erfindung der barometrischen Höhenmessung stellte diese Frage auf einen festen Boden. Aber noch nach diesem Fortschritt nahm Riccioli 1672 in der „Geographia reformata“ die Möglichkeit an, daß Berge 15 Meilen Höhe erreichen. Entsprechend sind die topographischen Teile der Karten weit hinter dem Entwurf, den Umrissen und den Orten zurück. Der Zusammenhang der Gebirge kommt hinter der Zeichnung einzelner Berge nicht zur Geltung. Man erkennt auf der Apianschen Karte von

Bayern (1566) eigentümliche Berggestalten, aber die Unterscheidung von Höhenstufen war nicht ebenso leicht wie die der Formunterschiede. Aber auch auf diesem brachsten Gebiete haben die großen Entdeckungen klärend und anregend gewirkt, denn die reichen Erfahrungen in der großen Neuen Welt richteten die Blicke auf Bodenformen, Vulkane, Erdbeben. Wir begegnen bei Acosta (1590) der Unterscheidung von Hochebenen und Gebirgen; Vulkane wurden als Schlote eines glühenden Erdinnern aufgefaßt, die Erschütterungsgebiete der Erdbeben begrenzt, und, nach Lionarda da Vincis Beispiel, in den Resten von Seetieren auf hohen Bergen Zeugnisse eines alten Höhenstandes des Meeres, allerdings immer im Sinne von „Zeugen der Sündflut", gesehen.

Die Entdeckung der Neuen Welt hatte mehr den Völkern als den Ländern gegolten. Das Christentum auszubreiten, Gold und Gewürze zu gewinnen, das waren die zwei großen Triebkräfte in den Unternehmungen der Portugiesen und Spanier; das erste wog bei diesen, das andre bei jenen vor. Daher sind schon die ersten Berichte des Kolumbus viel wertvoller in ethnographischer als in geographischer Beziehung. Er hat die Menschen von Guanahani genauer geschildert als den Boden. So ist es durch das ganze 16. Jahrhundert hindurch geblieben. Daher hat besonders die spanische Litteratur über Mexiko und Peru einen sehr hohen Wert für die Völkerkunde, und zwar nehmen daran nicht bloß die Berichte der Geistlichen, sondern auch die der Konquistadoren teil. Selbst ein junger Deutscher, Hans Staden, den brasilische Indianer gefangen gehalten hatten, gibt uns ein Bild dieses Volkes voll wertvoller Einzelzüge. Die Ähnlichkeit der Eskimo mit den Ostasiaten, die Verschiedenheit malayischer und negroider Typen in Ozeanien wurde von den ersten Besuchern bemerkt. Indem die Kirche sich der armen Indianer annahm und ihnen die Seele und die Fähigkeit, das Christentum aufzunehmen, zusprach, bahnte sie auch für die billige Beurteilung aller anderen Völker der Erde den Weg und legte den Keim zur wissenschaftlichen Entfaltung des Begriffes Menschheit in der Völkerkunde. Allerdings hat dieser Keim 200 Jahre geruht, bis Herder ihn aufweckte.

Die Weltbücher und Reisebeschreibungen.

Haben die großen Seefahrten der Portugiesen und Spanier der wissenschaftlichen, kosmischen wie tellurischen Betrachtung die Erde eigentlich erst zugänglich gemacht, den Geist der Menschheit in den vollen Besitz des Planeten eingeführt, so gewann durch deutsche Schriftsteller zuerst das Bewußtsein dieser Eroberung der Welt entsprechenden Ausdruck, am geistvollsten in Sebastian Francks „Weltbuch", das, 1534 zum erstenmal erschienen, schon in dem Nebentitel: „spiegel vnd bildtniß des ganzen erdbodens" gleichsam triumphierend den Gewinn hervorhebt, den der menschliche Geist durch die Entdeckungen der vorangegangenen Jahrzehnte eingeheimst hatte. Münsters „Kosmographey" beweist durch die Masse der Ausgaben, in der sie erschien (1544—1650: 44), und durch die Nachahmungen und Auszüge, wie das Interesse an der Erdkunde in die Breite ging. Eine fast noch überraschendere Thatsache als die gleichzeitige Vertiefung der wissenschaftlichen Geographie! Dieser immer weitere Kreise erfassenden Teilnahme kam die neue Litteraturgattung der Sammlungen von Reiseberichten (Ramusio 1550, Feyerabend 1567, Hakluyt 1569, De Bry seit 1590, Hulsius seit 1598) entgegen, die bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts einen großen Einfluß auf die geographische Bildung ausgeübt haben. Sie sind erst am Ende des 18. Jahrhunderts durch die Zeit- und Gesellschaftsschriften abgelöst worden.

Die Litteratur der Reisebeschreibungen verlor im 16. Jahrhundert die Merkmale des Zufälligen und Abenteuerlichen. Kritische Geister standen ihr freilich noch argwöhnisch gegenüber. Hatte doch die Vorliebe für Reisebeschreibungen seit Erfindung der Buchdruckerkunst aus ihnen Volksbücher von weitester Verbreitung gemacht. Bei den fliegenden Buchhändlern standen Marco Polo und Schiltberger mitten unter Karls Meerfahrt und den Reisen Dietrichs von Bern. Daher ein übertriebenes Mißtrauen gegen alle Werke der Art unter den ersten Regungen des kritischen Geistes der Renaissance. Sebastian Franck rühmte von seinem Weltbuch, es sei „nitt aus Beroso, Joanne de Montevilla, Brandons Histori u. dgl. Fabeln gezogen", und später tadelt er auch die Meerfahrt und Reisen Dietrichs von Bern. Vielleicht lag ihm noch nicht die Thatsache vor, daß selbst spanische Entdeckungsreisende, wie die Fahrt des Fernando de Troya und des F. Alvarez von 1526 zeigt, sich von dem Wunderbuche des H. Brandan, der 587 in Irland als Mönch gelebt hatte, in der Wahl des Weges beeinflussen ließen.

Die Reisen wurden ungleich viel häufiger, ergriffen weitere Kreise und reihten sich, soweit sie Entdeckungsreisen waren, planmäßig aneinander. In der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts treten uns auch schon Reisen zu bestimmten wissenschaftlichen Zwecken entgegen.

Unter den Reisenden, die uns ihre Berichte in jenen Jahrhunderten geschrieben haben, begegnen uns am häufigsten Staatsmänner, Ritter, Kaufleute und Abenteurer. Außerordentlich vermehrt haben sich die Geistlichen. Den Entdeckungsreisen nach Amerika folgten nicht bloß Priester, sondern Priester begleiteten die ersten Schiffe. Kaum hatte man sich darüber vergewissert, daß die Eingeborenen der neuen Länder Menschen seien, deren Bekehrung sich lohnen würde, als die Missionsarbeit begann. Die Könige von Portugal, Spanien, Frankreich hielten sie für ihre Pflicht. Die Missionare blieben dann nicht abhängig von den weltlichen Entdeckern und Eroberern, sondern gingen selbständig vor. In Nordamerika zogen früh spanische und französische Mönche, geleitet von indianischen Führern, ins Innere und waren teilweise die Pioniere derer, die folgten. 1526 bauten die Dominikaner die erste Kapelle am James River in Virginien, 1539 drang der italienische Franziskaner Marcus aus Nizza nach Neumexiko vor, und bald nachher starb Padilla, ein Dominikaner, von der Hand der Indianer an den Quellen des Missouri. 1559 zogen Dominikaner von Pensacola an den Mississippi. Im folgenden Jahrhundert bedeutet die Begründung der Jesuitenmissionen in Canada eine neue Epoche in der Erforschung des Landes und seiner Bewohner. 1611 wurde in Kloster Port Royal ein Mittelpunkt für die Missionsthätigkeit der Jesuiten geschaffen. In den „Lettres Édifiantes" entstand eins der wichtigsten Sammelwerke der Geographie; schon Ortelius hatte in der zweiten Ausgabe des „Theatrum Orbis" gesagt: „plura non negligenda etiam videre licet inter Jesuitarum epistolas" (auch in den Briefen der Jesuiten kann man manches finden, das nicht unbeachtet bleiben darf).

Die Berichte und Karten der Missionare gehören mit zu den größten geographischen Leistungen des folgenden Jahrhunderts. Unsre Karten von Ost- und Innerasien ruhen zum Teil noch heute auf den Aufnahmen der Jesuiten, die später für die chinesische Regierung das Riesenwerk eines topographischen Atlas des chinesischen Reichs unternahmen. Das von Martini 1655 herausgegebene große Werk „China Illustrata" war die vollständigste Darstellung Chinas, und der „Novus Atlas Sinensis" (1651) blieb bis auf Du Haldes Grundwerk die Quelle für die Kartographie Ostasiens. Jesuiten, die Patres Gruber und Dorville, waren es, die 1661 die Reise von Peking über Lhasa nach Indien machten, die seither keinem Europäer mehr gelungen ist. Für die Kenntnis Nordamerikas haben nach Champlain die Patres Marquette (1673) und Hennepin (1682) in dieser Zeit das Größte geleistet. Aus der ärmlichen Afrikalitteratur

sind wenigstens die Berichte katholischer Missionare am Kongo und in Abessinien und protestantischer in Südafrika zu nennen.

Eine neue, sehr reiche Litteraturgattung beschäftigt sich mit dem Wert und der Bedeutung des Reisens und der Kunst zu reisen. Die reiselustigen Humanisten haben darüber mit Vorliebe geschrieben, wobei beständig wieder Pythagoras, Plato, Cäsar, Trajan, Paulus als Vorbilder für Reisende hingestellt werden. Das Beste darüber in deutscher Sprache hat Olearius im ersten Kapitel der „Moskowitischen und Orientalischen Reisebeschreibung" gegeben unter dem Titel: „Des Authoris Einleitung von Nutzen des frembden Reisens".

Die Geographie im 17. Jahrhundert.

In der Entdeckungsgeschichte ist das 17. Jahrhundert und die erste Hälfte des 18. die Zeit der Nachlese, in der Wissenschaft der Vertiefung, in der geographischen Litteratur der langsamen Fortbildung, in der Kartographie der Vervollkommnung. Das 17. Jahrhundert hat wenig große Entdecker, eine Reihe von großen Geographen, Astronomen und Physikern, einige wenige hervorragende Reisebeschreiber und keinen überragenden Kartographen. Doch füllt dieses Jahrhundert überall die Lücken aus, die der stürmische und allgemeine Fortschritt des sechzehnten gelassen. Es entdeckt Australien, bereitet die physikalische Geographie vor, bildet die Atlanten fort und beschenkt die Welt mit einigen vorzüglichen Reisebeschreibungen. Allerdings haben wir auch an manchen Stellen einen Stillstand zu verzeichnen, der eine verzweifelte Ähnlichkeit mit Rückgang hat. Die so hoffnungsvoll begonnenen Erweiterungen des Gesichtskreises nach dem Nordpol zu kommen schon früh ins Stocken, die Südpolarregionen werden fast vergessen, die Erforschung des Innern von Amerika und Afrika macht keine merklichen Fortschritte, selbst die topographischen Aufnahmen der europäischen Länder schreiten wenig voran. Und es ist bezeichnend, daß die größte Entdeckung dieses Jahrhunderts, Australien samt Neuseeland, kaum daß sie gelungen ist, für 130 Jahre in Vergessenheit sinkt.

Die wissenschaftliche Geographie hatte inmitten der gewaltigen Entdeckungen und Erfindungen, der Neubelebung der Kartographie und der Grundlegung zu den Naturwissenschaften und zur Völkerkunde so geringe Fortschritte gemacht, daß Pascal noch im Beginn der „Pensées" die Geographie mit Geschichte, Sprachen, Theologie zu den Dingen rechnet, „in denen man allein wissen will, was die Autoren geschrieben haben", im Gegensatz zu den Wissenschaften der Beobachtung oder Vernunftüberlegung. Die Geographie galt also als keine wahre Wissenschaft, sondern als eine Sammlung von Natur- und Staatsmerkwürdigkeiten. „Errante uno, errant omnes" (wenn einer irrt, irren alle), sagt Olearius von den „newen Skribenten, die gemeiniglich alles voneinander abschreiben" aus Quellen verschiedenster Art, die immer weniger unmittelbar werden. Die jetzt üblich werdende Dreigliederung in mathematische, natürliche und historisch-politische Geographie war nicht eine organische Differenzierung, sondern ein Auseinanderfallen. Und, in der That, die Spuren geistloser Wissensanhäufung sind kaum in einer Wissenschaft so deutlich. Die großen Leistungen gehen von Nachbargebieten aus. Kepler, Galilei, Torricelli, Pascal, Newton haben der Geographie genutzt, indem sie die Astronomie und Physik mit neuen Methoden bereicherten. Einer der wenigen weltumfassenden Geister dieser Zeit, Edmund Halley, der beide Hemisphären auf wissenschaftlichen Reisen kennen gelernt hatte und in seiner Darstellung der Passate und Monsune (1686) sowie in seinen Studien über den Erdmagnetismus und die Gezeiten sich als echter Geophysiker zeigt, war hauptsächlich Astronom.

In der „Geographia Generalis“ (1650) hat Varenius eines der seltnen wissenschaftlichen Werke geschaffen, die sich wie Grenzgebirge zwischen zwei Zeitaltern erheben. Die Auffassung der tellurischen Erscheinungen in ihrer Gesamtheit und Allgemeinheit, mit Gedankenkraft und Gedankenreichtum durchgeführt, macht aus ihr die erste umfassende und systematische, physische Erdbeschreibung. Gebraucht er auch das Wort Geographia comparativa in einem ganz anderen, beschränkteren Sinn als Karl Ritter, so ist doch der Hauptteil des ganzen Werkes die „Pars Absoluta“, eine vergleichende Erdkunde, wie sie erst nach einem Jahrhundert wieder ans Licht getreten ist. Der Verfasser der Biographie des Varenius in Knights „Cyclopedia of Biography“ (1858) rühmt mit Recht an Varenius, daß er weitere und wissenschaftlichere Ideen über die Naturgeschichte der Erde ausgesprochen habe, als das ganze Jahrhundert nach ihm. Seine erneute Würdigung, man möchte sie eine geistige Wiedergeburt nennen, hat indessen Varenius durch A. v. Humboldt erfahren. A. v. Humboldt mußte sich einem Geiste verwandt fühlen, der die Erde als ein Ganzes auffaßte und die ungeheure Erweiterung des Gesichtskreises im Zeitalter der Entdeckungen in eine wissenschaftliche Beschreibung der Erde zusammenzufassen suchte. In Humboldts geographisches System sind manche Gedanken des Varenius übergegangen. Desselben Geographen „Descriptio Regni Japoniae“ (1649) läßt vermuten, daß er auch in der Länderkunde eine geistigere Behandlung durchgeführt hätte, wenn sein Leben länger gewesen wäre. Varenius ist mit 28 Jahren arm in der Fremde gestorben.

3. Die wissenschaftliche Geographie.

Inhalt: Die Geburt der neuen, wissenschaftlichen Geographie. — Humboldt und Ritter. — Das Zeitalter der wissenschaftlichen Entdeckungen.

Die Geburt der neuen, wissenschaftlichen Geographie.

Das 17. Jahrhundert war das Jahrhundert der Nachfolge und des Abschlusses der großen Bewegung des sechzehnten. Aber diese Bewegung verlief sich allmählich, und die neue wissenschaftliche, die nun einsetzte, führte nicht gerade auf dem geographischen Gebiete am rascheften zu neuen Ergebnissen. Galilei, Kepler und Newton arbeiteten die großen Gesetze der Erdbewegung und Erdgestalt heraus und hatten wenig Zeit für die geographischen Einzelerscheinungen übrig. Immerhin ist es bedeutungsvoll, daß Newton den ersten Versuch einer wissenschaftlichen Geographie, des Varenius „Geographia universalis“, 1672 neu herausgab. Die wissenschaftliche Geographie aufzubauen und das geographische Entdecken mit wissenschaftlichem Geist zu erfüllen, war dem 18. Jahrhundert vorbehalten. Dieses beschritt in den Entdeckungen die alten Wege mit neuer Energie, begann den Ausbau der geographischen Kenntnisse des Innern der Kontinente, verwandte systematisch die Dienste der Wissenschaft bei geographischen Reisen in folgenreichen, planvollen Expeditionen. Die Kartographie hob es durch topographische Aufnahmen, Höhenmessungen und kritische Behandlung des geographischen Stoffes auf eine höhere Stufe, und den Reisebeschreibungen führte es einen kräftigen Strom litterarischer Anregungen zu, der besonders in der Auffassung und Schilderung der Natur ganz neue Wege wies. Auf der Wende zum 19. Jahrhundert waren die Geologie und die naturgeschichtlichen Disziplinen so erstarkt, daß sie weite Gebiete in Anspruch nahmen, die früher als

geographische gegolten hatten. Der Geographie war fast nur Länderbeschreibung und Kartographie als eignes Gebiet geblieben, und sie schien als Wissenschaft zum Absterben verurteilt, als neue Kräfte in dem alten Stamm sich regten und ihm das Wachstum brachten, in dem er heute steht. Wo war die Quelle dieser Kräfte? In dem gemeinsamen Wurzeln aller dieser Zweigwissenschaften im Erdboden; in dem Augenblick, wo sie sich dessen bewußt geworden waren, trat wie eine Quelle, die plötzlich erschlossen wird, eine lebendige und belebende Beziehung zur Geographie bei allen in Wirksamkeit.

Die Astronomie öffnete in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts einen neuen Weg zur Verbesserung der geographischen Breitenbestimmung, indem sie die Aberration der Lichtstrahlen und die Bewegung der Erdachse feststellte, die man Nutation nennt; in beiden Erscheinungen lagen Fehlerquellen, die man von nun an vermeiden konnte. 1731 erfand Hadley den Spiegeloktanten, der die Bestimmung der Polhöhen auf dem Schiff erleichterte, 1750 Tobias Mayer den Spiegelvollkreis, der erst 1853 von Steinheil durch den Prismenkreis ersetzt wurde. Für die Längenbestimmung wurden die Mondverfinsterungen genauer beobachtet, aber erst durch die verbesserten Mondtafeln von Euler und Tobias Mayer wurden die Unregelmäßigkeiten im Gange des Mondes festgelegt. Cassini gab im Jahre 1666 Tafeln für die Bedeckungen der Jupitermonde heraus. Einen außerordentlichen Fortschritt bedeutete die Verbesserung der Uhren, die von 1660 an in jedem Jahrzehnt höhere Leistungen hervorbrachte. Den letzten und größten Schritt auf fast absolut fehlerfreie Ortsbestimmungen erlaubte aber erst die elektrische Telegraphie. Der erste Versuch der Längenbestimmung durch telegraphische Zeitvergleichung wurde 1844 in Nordamerika gemacht.

Für die Geographie bedeuteten diese Fortschritte Verbesserungen der ersten Grundlagen der Karten. Nachdem durch Mercator die großen Entdeckungen auf dem Gebiete der Kartenentwürfe erschöpft waren, folgten wohl noch Abwandlungen der bisher üblichen Entwurfsarten, aber die wissenschaftlichen Kartographen warfen sich mit erhöhtem Eifer auf die Verwertung der besten Ortsbestimmungen. So grobe Irrtümer, wie die aus dem Altertum stammende Verlängerung des Mittelmeeres von Gibraltar bis zur syrischen Küste um die Hälfte, wurden noch am Schluß des 17. Jahrhunderts verbessert. Die großen Entdeckungen eines Bering, eines Cook bestanden nicht nur in der Auffindung allgemeiner Umrisse, sondern auch in bis dahin unerhört genauen Ortsbestimmungen. Aber die Kartographen hatten die größte Mühe, bei der Zeichnung einzelner Länder gute Ortsbestimmungen zu erhalten. Für Deutschland lagen 1750 moderne Polhöhenbestimmungen nur für 22 Orte vor. Die Neuaufnahmen größerer Gebiete waren viel seltener als 150 Jahre vorher, und manche blieben aus politisch-militärischer Geheimniskrämerei überhaupt begraben.

Die Niederländer hatten die am Ende des 16. Jahrhunderts errungene beherrschende Stellung in der Kartographie nicht wissenschaftlich ausgebaut, sondern immer wieder die alten Platten abgedruckt. In Frankreich aber, das in demselben Jahrhundert von niederländischen und deutschen Kupferstechern alte Karten nachstechen ließ, machte unter Förderung der Akademie und des Staates die Landesaufnahme Fortschritte, die günstig auf die Kartographie zurückwirkten. 1744 wurde eine Triangulation von ganz Frankreich vorgenommen, und 1793 wurde die erste topographische Karte Frankreichs vollendet, die zugleich, begünstigt durch die früh erreichte politische Einheit, die erste derartige Karte eines so großen Gebietes war. Andre Länder folgten in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts diesem Beispiel. In einem großen Teile von Deutschland sind die topographischen Aufnahmen erst in der Napoleonischen Zeit durch

französische Militärtopographen eingerichtet worden. Rußland ließ durch die 1739 begründete geographische Abteilung der Akademie den ersten Atlas zu 19 Blättern 1745 veröffentlichen.

In manchen Ländern unternahmen ausgezeichnete Fachmänner die schwere Arbeit, neue Karten auf Grund eigner Beobachtungen zu zeichnen, so in Österreich seit 1669 Vischer, in Tirol Anich, in Sachsen Zürner. In Deutschland führt die später vom Reich übernommene Reymannsche Karte (seit 1805) auf ein solches Unternehmen zurück. In unserm Jahrhundert sind auch in außereuropäischen Ländern große Landesaufnahmen begonnen worden. In den meisten europäischen Staaten haben die aus dem Ende des 18. und dem Anfang des 19. Jahrhunderts stammenden topographischen Karten in den letzten Jahrzehnten neuen Platz gemacht, die zum Teil in größeren Maßstäben und jedenfalls nach andern Grundsätzen der Geländedarstellung gezeichnet sind, darunter Meisterwerke, die kaum mehr zu übertreffen sind, wie die Karten der Eidgenossenschaft in 1 : 25,000, neue Karten von Sachsen, Baden, den Niederlanden u. a.

Das Zeitalter der Entdeckungen hatte die Kartographie erst in Italien, Spanien und Deutschland groß werden und in den Niederlanden sich weiter entwickeln sehen. Nun schuf die Pflege der mathematischen und physikalischen Wissenschaft in Frankreich eine neue Blüte der Kartographie, die Guillaume Delisle (1675—1726) heraufführte, indem er die seit einem Jahrhundert nicht veränderten und oft verschlechterten Karten kritisch prüfte und zum Teil vollkommen umwandelte. Er ist der erste, der die Verwertung der zahlreichen und besser gewordenen Ortsbestimmungen für die Zeichnung der Karten systematisch wieder aufnahm. Bis um 1700 war das Mittelmeer mit den Ptolemäischen Fehlern immer noch häufig gezeichnet worden; erst seit 1725 kam ein neues, der Wirklichkeit mehr entsprechendes Bild nach Delisle dauernd in Aufnahme. Delisle hat auch die genauen Ortsbestimmungen der Jesuiten in Ostasien benutzt. Er zeigt überall die beiden Eigenschaften, die ihn zum leitenden Kartographen dieses Zeitalters machten: mathematisches und kartographisches Können und rücksichtslose Kritik. Sein Nachfolger Bourguignon d'Anville stand in den Augen der Zeitgenossen noch höher. In den wissenschaftlichen Werken werden seine kritischen und zugleich schönen Karten mit Vorliebe citiert. Er sammelte mit unendlichem Fleiß die Weglängen und Entfernungsangaben, besonders für die außereuropäischen Gebiete. Er ist es, der 1749 nach dem Vorgange des Hasius (1737) eine von allen Phantasiebildern freie Karte von Afrika herausgab. Das d'Anvillesche Afrika ist bis auf Petermann wesentlich maßgebend geblieben. Vom Überfluß sinnloser Namen befreit, erscheint das Innere als tabula rasa. So zeigte diese Karte, was noch zu thun sei, und hat dadurch der Afrikaforschung einen mächtigen Anstoß gegeben. Als historischer Geograph schritt d'Anville auf der Bahn des Ortelius fort in seinem „Atlas antiquus" (1768) und mit der dreibändigen „Géographie ancienne".

Langsam arbeitete sich während dieser Entwickelung Deutschland wieder zu einer höheren Stellung in der Kartographie empor. Zunächst gewann es einen Teil des an die Niederlande und an Frankreich verlorenen Kartenmarktes zurück. Die seit 1710 erschienenen und mit der Zeit weitverbreiteten Homannschen Atlanten aus Nürnberg bestanden lange Zeit größtenteils aus Nachbildungen fremder, besonders französischer Karten; später arbeiteten an ihnen Männer von großen Kenntnissen, die in einzelnen Blättern eigne Werke lieferten, wie Hasius (gestorben 1742) und Tobias Mayer. Doch trat England in dem Maße weiter vor, in dem die geographischen Nachrichten und Kartenskizzen dort aus allen Teilen der Welt zusammenströmten. Arrowsmith wurde der Schöpfer einer langen Reihe von Land- und Seekarten,

besonders außereuropäischer Gebiete, die auf dem Kontinent fleißig nachgestochen wurden. Als 1785 der Grund zu dem Geographischen Institut in Gotha gelegt wurde, das in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts durch die Thätigkeit von C. G. Reichard und Adolf Stieler gehoben wurde, und Weimar ebenfalls ein geographisches Institut erhielt, das die wertvolle geographische Zeitschrift: „Ephemeriden" (1798—1830) neben großen Sammlungen von Reisewerken und Karten herausgab, rückte langsam das kartographische Übergewicht nach Deutschland zurück. Das Jahr 1817 sah die Anfänge des Stielerschen Atlas. Kiepert gab seine ersten Karten von Hellas 1840 heraus. In Berlin zeichnete der ältere Berghaus für Humboldt, dessen Rat auch dem ersten großen „Physikalischen Atlas" (1836) zu gute kam. 1855 begannen die „Geographischen Mitteilungen" zu erscheinen, durch die das Gothaer Geographische Institut zeitweilig der Weltmittelpunkt geographischer Nachrichten und Originalaufnahmen wurde.

Die Erfindung der trigonometrischen Erdmessung durch Snellius (1615) erwies sich als eine der fruchtbarst nachwirkenden, als ihre Genauigkeit durch die Einführung des Fernrohres gesteigert und eine Dreiecksreihe von Dünkirchen bis zum Mittelmeer geführt wurde. Die Ansicht Newtons, daß die Erde kraft ihrer Achsendrehung ein Sphäroid sein müsse, die Richers Pendelbeobachtungen in Guayana 1672 hatten voraussehen lassen, konnte mit diesem Mittel geprüft werden, und man kann die Messungen subpolarer und äquatorialer Grade in Lappland (1736) und Peru (1735—44) als den Beginn der Vollendung der Bestimmung der Erdgestalt betrachten. Unter den nun immer häufiger werdenden Gradmessungen ragte die französische hervor, die 1792—1808 von Dünkirchen bis Formentera durchgeführt wurde, und die russische von Bessarabien bis Hammerfest (1817—55). 1861 regte der preußische General von Baeyer eine umfassende mitteleuropäische Gradmessung an, die sich zu einer europäischen entwickelt hat. Neben den trigonometrischen gingen die Pendelbestimmungen einher, die in großer Ausdehnung zuerst von Sabine vorgenommen worden sind (Ascension bis Ostgrönland 1822—23). Sie haben die Entwickelung der Ansichten über die Erdgestalt von der Kugel durch das Umdrehungssphäroid zum Geoid vollendet.

Die von Kepler vorausgesehene Schwere der Luft hat Torricelli 1643 bewiesen, worauf Pascal schon 1648 das neu erfundene Barometer auf den Puy de Dôme trug und die Abnahme der Höhe der Quecksilbersäule beim Ansteigen beobachtete. Schon 1658 waren die täglichen Schwankungen des Luftdrucks bekannt. So war eins der mächtigsten Werkzeuge der Höhenmessung und zugleich der meteorologischen Beobachtung gefunden. Seitdem Scheuchzer in den Schweizer Alpen 1705—1707 eine Anzahl von barometrischen Messungen angestellt hatte, wurden viele Versuche der Art wiederholt, aber erst die Barometerformeln von Deluc (1772) bahnten den Weg zu exakten barometrischen Höhenmessungen, die als Ergänzung zu den trigonometrischen hinzutraten und auf Reisen in außereuropäischen Ländern sie ersetzten. Seit A. von Humboldts Andenreise gehörte das Quecksilberbarometer zu den notwendigen Ausrüstungsgegenständen des Forschungsreisenden. Humboldt hatte die Stellung des Chimborasso als des höchsten Berges der Erde bestätigt, aber 1818 wurde bekannt, daß Himalayagipfel von mehr als 8000 m gemessen seien, und 1835 wurde der Acongagua zu 7000 m bestimmt. Der Montblanc wurde als der höchste Alpengipfel seit 1760 anerkannt, wiewohl Delucs erste Messung ihn 200 m zu niedrig angesetzt hatte.

Damit war nun verbesserten Methoden der Auffassung und Darstellung der Höhen und Formen der Erde Bahn gebrochen. Neben den Gebirgen und dem Flachland unterschied man Hochebenen. Buache wandte zuerst 1737 auf Tiefenkarten die Methode der Verbindung der

Punkte von gleicher Höhe durch Linien: Isohypsen und Isobathen, an. Nicht diese Methode verdrängte indessen die aneinandergereihten Maulwurfshäufchen der Gebirge, dazu mangelte es noch zu sehr an der hinreichenden Zahl genauer Höhenbestimmungen, sondern die 1799 von Lehmann veröffentlichte Methode der Darstellung der Böschungen durch Schraffen von verschiedener Stärke und Dichte. Zweckmäßig und zugleich ästhetisch entwickelungsfähig hat diese Methode bis auf den heutigen Tag sich neben den Linien gleicher Höhe, Isohypsen, die seit Ende des 18. Jahrhunderts langsam in Aufnahme kamen, mindestens für die Felsenpartien behauptet, da sie bei Anwendung der schiefen Beleuchtung die plastischsten Bilder der Bodenformen gibt. Wesentlich erleichtert wurde ihre Anwendung durch die Verwendung der Farben zur Unterscheidung der Höhenschichten, besonders nach der Einführung des Farbendrucks. Zur richtigen Zeichnung der Bodenformen gehörte eine naturgemäße Auffassung des Geländes. Diese schritt langsam zur Unterscheidung der Gebirge und Hochebenen, des Tieflandes und Hügellandes fort, nicht ohne in phantastischen Deutungen der Zusammenhänge der Gebirge der Erde und ihrer Richtungen abzuirren, die sich bis in die Arbeiten von Elie de Beaumont über die Parallelsysteme der Gebirgsgliederung fortpflanzten. Neue Anregungen gaben in dieser Richtung Buache und Gatterer, weitertragende Karl Ritter. A. von Humboldt verdanken wir dagegen die Grundlegung einer wissenschaftlichen Morphologie, deren Grundwerk die Schrift: „Über die mittlere Höhe der Kontinente" von 1843 ist. Schon in früheren Schriften hatte A. von Humboldt das Verhältnis zwischen der Gipfelhöhe und Paßhöhe der Gebirge, den Unterschied von Längs- und Querthälern, die Eigentümlichkeiten der Vulkanformen behandelt, Hochebenen und Gebirge durch schematische Durchschnitte erläutert.

Zu einer wahrhaft naturgemäßen Auffassung der Bodenformen konnte natürlich nur die Einsicht in ihr Gewordensein führen, d. h. die Geographie mußte sich an die Geologie wenden, um ihren morphologischen Systemen Naturwahrheit zu verleihen. Diese junge Wissenschaft war um die Mitte des 18. Jahrhunderts aus der Geographie herausgewachsen, wurde auch noch längere Zeit als physikalische Geographie bezeichnet. Für Buffon und seine zahlreichen Nachfolger, für Locke, Kant, Reinhold Forster und Pallas lag die Geologie noch in der physikalischen Geographie mit umschlossen. Erst als die Mineralogie und Paläontologie sich als die großen Hilfswissenschaften für die Erforschung der Erdschichten entwickelt hatten, stieg die Geologie selbständig in die Tiefe der Erde, und der Geographie blieb die Wissenschaft von der Erdoberfläche. Jene war aus dem Bedürfnis der Unterscheidung der Gesteine und Schichten der Erde entstanden, wozu die Mineralogie und die Versteinerungskunde unentbehrliche Hilfe leisteten. Rasch bemächtigte sie sich großer geographischer Gebiete, besonders der Vulkan- und Erdbebenkunde, der Bildungsgeschichte der Landformen; selbst die Gletscherkunde und die Eiszeitstudien wurden durch Geologen gefördert. Leopold von Buch, einer der Heroen der jungen Wissenschaft, hat sich mit Studien über Vulkane, Erdbeben, Gebirgsbildung, Moore, Höhenzonen der Vegetation beschäftigt. Die von Hutton, Playfair, Von Hoff und Lyell begründete Lehre von der Summierung kleiner Wirkungen arbeitete für die Geologie mit geographischen Beobachtungen. Aber A. von Humboldt vertrat bereits alle Richtungen der Geologie als Geograph, und die allgemeinen Geologien von Naumann und Dana enthalten echt geographische Abschnitte. Erst die Probleme der vergleichenden Erdkunde von Peschel (1869), Von Richthofens China (1877), Pencks Morphologie (1894) und Lapparents „Géographie physique" (1896) behandelten wieder selbständig geographisch die Aufgaben, die seit fast 100 Jahren der Geologie zugefallen waren.

Nachdem schon Varenius eine Grundthatsache der Hydrographie, den Gleichstand des Meeresspiegels, ausgesprochen hatte, dauerte es gleichwohl lange, bis die auf ungenauen Messungen beruhenden falschen Anschauungen über große Niveauverschiedenheiten der Meere vollkommen beseitigt waren. Noch in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts war die Annahme, daß der Indische Ozean höher stehe als das Mittelmeer, dem Bau des Suezkanals entgegen, und A. von Humboldt glaubte sogar schon auf Grund barometrischer Messungen an einen erheblichen Höhenunterschied zwischen dem Atlantischen und dem Stillen Ozean. Große Niveauverschiebungen des Meeres sind bis in die letzten Jahre zur Erklärung von Küstenschwankungen herangezogen worden, aber auch diese nicht mit Erfolg. Der Aufschwung der Tiefseelotungen zu wissenschaftlichem Verfahren mit sicheren Werkzeugen und Methoden knüpft sich an die Kabellegungen, die Anfang der fünfziger Jahre des 19. Jahrhunderts anhuben. Da wurden auf einmal die Tiefseelotungen praktisch wichtig, und 1854 erfand Brooke einen Lotapparat, dessen Gewicht beim Aufstoßen auf den Boden sich ablöst; dieser Gedanke liegt allen später sehr vervollkommneten Apparaten zu Grunde. Noch in den fünfziger Jahren sind die ersten Tiefseekarten auf Grund der gesicherten Messungen erschienen; aber erst das folgende Jahrzehnt sah Expeditionen auslaufen, deren Aufgabe die Untersuchung der Morphologie und Physik der Meere war. Die größten Ergebnisse von wahrhaft grundlegender Art verdankt man der englischen Challenger-Expedition unter Nares, denen sich die Untersuchungen der deutschen Gazelle unter Von Schleinitz, der amerikanischen Tuscarora (alle drei 1872—76) zugesellten. Außer den Formen wurde auch die Zusammensetzung des Meeresbodens untersucht, und wir verdanken der Challenger-Expedition die erste Karte der Sedimente des Meeresbodens. Damit ging die Untersuchung der marinen Tier- und Pflanzenwelt Hand in Hand. Bei den Untersuchungen über die Wärme des Meeres in verschiedener Tiefe, die schon 1826 von Lenz mit großem Erfolg angestellt wurden, handelte es sich besonders um den Schutz der Wärmemesser gegen den Druck der Wassermasse. Mit verbesserten Apparaten (Casella-Thermometer 1859) wurde die Erkenntnis der ozeanischen Zirkulation wesentlich gefördert. Dies wirkte wieder auf das Studium der Meeresströmungen zurück, die man besser verstand, als man die Natur des kühlen Auftriebwassers erkannt hatte. Flaschenposten sind in großer Anzahl im 19. Jahrhundert untersucht und kartographisch dargestellt worden. Die von Athanasius Kircher 1665 zuerst auf einer Weltkarte gezeichneten Meeresströmungen sind früh in ihrem oberflächlichen Zusammenhang erkannt, aber spät in demselben dargestellt worden. Über ihre Ursachen konnte erst ein Urteil gefällt werden, nachdem man die Tiefseetemperaturen und die Dichtigkeit des Meerwassers in allen Tiefen gemessen hatte. Lenz' Arbeiten und Maurys „Physical Geography of the Sea", 1855, sind Marksteine in dieser Entwickelung.

In der Analyse des Seewassers hatte schon Forchhammer Bedeutendes geleistet, und einzelne gesetzliche Erscheinungen, wie die Abnahme des Salzgehaltes in den gemäßigten und kalten Erdgürteln, konnte man vermuten. Seitdem aber eine vollständige ozeanische Chemie sich herausgebildet hat, die auch die früher vernachlässigten Gase im Meerwasser berücksichtigt, ist man zu viel genaueren Vorstellungen gekommen. Eine große Bedeutung hat besonders die Vergleichung der Zusammensetzung des Meerwassers in verschiedenen Tiefen gewonnen; sie erlaubt Schlüsse auf die Herkunft einzelner Wasserteile und hat damit die Lehre von den Meeresströmungen mit neuen mächtigen Forschungsmitteln ausgestattet. Die Gezeiten sind immer eingehender und über immer weitere Gebiete hin beobachtet worden, seitdem 1833 Whewell die erste Karte der Isorachien, der Linien des gleichzeitigen Eintretens der Flut, gezeichnet hat.

Verschiedene Wärmemesser gingen dem Quecksilberthermometer voraus, mit denen systematische Wärmemessungen schon im 17. Jahrhundert versucht worden sind. Aber erst die Ausbildung des Thermometers und seines Gebrauches zur Wärmemessung durch Réaumur und Deluc bahnten der vergleichenden Wärmemessung den Weg, deren Ergebnisse A. von Humboldt zu der ersten Isothermenkarte der Erde (1817) verwertete, worauf dann Dove, Kämtz und andere die Lehre von der Wärmeverbreitung weiter ausbildeten. Hier handelte es sich noch erst um die größten Wärmeunterschiede der Zonen, den Gegensatz der Wärme zwischen der Ost- und Westhalbkugel und den geographisch bedeutsamsten Gegensatz zwischen ozeanischem und kontinentalem Klima. Heute ist durch die in allen Kulturländern durchgeführte systematische Beobachtung der Wärme nach gleichen Methoden und zu gleichen Zeitpunkten die Herausarbeitung der kleinsten Unterschiede in der geographischen Verbreitung der Wärme möglich: daher Lösung der noch vor 25 Jahren heiß umstrittenen Einzelfragen des Föhn, der Wärmeumkehr, der Bodenwärme. Dazu hat die entsprechend systematisch durchgeführte Beobachtung des Luftdruckes und die viel umständlichere der Niederschläge wesentlich beigetragen. Halley hatte 1686 die erste Windkarte veröffentlicht, auf der man deutlich die Klärung aller Ansichten über Luftdruck und Winde durch die einfachen Verhältnisse im Tropengürtel erkennt. Die dort großen, regelmäßigen Barometerschwankungen waren schon im 18. Jahrhundert beobachtet worden. Einem Grundgesetz in den Bewegungen der Luftströmungen war 1735 Hadley am nächsten gekommen, als er die bis heute gültige Auffassung der Passate als polarer, durch die Erdumdrehung abgelenkter Luftströme verkündete, nachdem Halley schon früher für die Monsune eine ebenfalls im Kern richtige Erklärung gegeben hatte. Viel später erst ist Klarheit in das verworrene Geflecht der Winde der gemäßigten Zone gebracht worden. 1837 hat Dove das längst geahnte, auch von Kant erkannte Drehungsgesetz der Stürme wissenschaftlich formuliert. Zwei Jahre später veröffentlichte Kämtz die erste Isobarenkarte der Erde. Mehr örtliche Änderungen des Luftdrucks, deren Ergebnisse wir als Föhn, Bora, Wärmeumkehr kennen, sind durch das Zusammenwirken der ausgedehnten und verfeinerten Wärme- und Luftdruckmessungen im wesentlichen erklärt. Am langsamsten sind die Feuchtigkeits- und Niederschlagsmessungen vorgeschritten. De Saussure stellte 1775 das erste Haarhygrometer her, doch ist erst durch August (1828) das Psychrometer zu einem wissenschaftlichen Werkzeug von sicherer Leistung geworden.

Die Pflanzengeographie und die Thiergeographie sind ganz natürliche Zweige an den beiden großen Schwesterbäumen der systematischen Botanik und Zoologie. Sobald man alle anderen Eigenschaften schärfer zu bestimmen begann, ergab sich auch die Notwendigkeit der genaueren Bestimmung des Wohnortes. Von der geographischen Seite kamen die Angaben über die Polargrenzen und Höhengrenzen der Lebewesen hinzu. Beobachter, wie Gmelin, R. Forster, De Saussure, Wahlenberg, besonders aber A. von Humboldt, konnten unmöglich an solchen Erscheinungen vorübergehen, ohne zu messen. So entstanden phytogeographische und zoogeographische Beiträge und Bemerkungen in allen wissenschaftlichen Reisewerken; L. von Buchs „Reisen in Norwegen" (1810) sind sehr reich daran, und es ist bezeichnenderweise gestritten worden, ob A. von Humboldt oder Georg Wahlenberg der Schöpfer der Pflanzengeographie sei. Wahlenbergs „Flora lapponica" erschien 1812, sein „De vegetatione et climate in Helvetia septentrionali" 1813, A. v. Humboldts „Ideen zu einer Geographie der Gewächse" 1807 und „De distributione geographica plantarum" 1817; das sind die Fundamente der Pflanzengeographie. Doch hat A. von Humboldt immerhin die Idee seiner

pflanzengeographischen Arbeiten schon früher ausgesprochen und vielseitiger ausgebaut. Wesentlich haben zum Wachstum der jungen Wissenschaft beigetragen De Candolles „Géographie botanique“, 1855, besonders aber Grisebachs „Die Vegetation der Erde“ (1872). Die erste Karte der Verbreitung der Tiere gab Zimmermann 1777, die erste erschöpfende Tiergeographie Schmarda 1853. Es spricht sich in diesem langsameren Fortschritte die Schwierigkeit aus, die Verbreitungsgrenzen der beweglichen und mannigfaltigen Tierwelt zu bestimmen. Nach der Entdeckung Australiens war das Bild der heutigen Lebewelt des Planeten, soweit sie das Land bewohnt, der Hauptsache nach bekannt. Die Tiefseelotungen haben dann in den früher für leer gehaltenen Meeres- und Seetiefen einen gewaltigen Reichtum an neuen Tierformen nachgewiesen, während ein ebenso unerwartetes mikroskopisches Pflanzen- und Tierleben der großen Wasserflächen durch die Plankton-Expedition (1889) erforscht wurde. Eine Umwandlung aller Grundanschauungen über die Verbreitung der Tiere und Pflanzen hat Darwins „Ursprung der Arten“ (1860) gebracht, zu dessen besten Abschnitten die biogeographischen gehören. Die bisherige Pflanzen- und Tiergeographie hatte die Pflanzen- und Tiergebiete feststellen, nicht aber die Gründe enträtseln können, warum sie so sind. Jetzt erschien die geographische Verbreitung als eine Hauptthatsache in der Geschichte jedes Organismus, die Entwickelungstheorie führte auf die Gründe, man erkannte die gemeinsamen Merkmale der Insel- und Festlandbewohner, der pelagischen (das tiefe Meer bewohnenden) und abyssischen (dem Innern der Erde entstammenden) Tiere, der Ebenen- und Gebirgspflanzen. Nicht zuletzt ist hier auch A. R. Wallace zu nennen, dessen Buch „Die geographische Verbreitung der Tiere nebst einer Studie über die Verwandtschaft der lebenden und ausgestorbenen Faunen in ihren Beziehungen zu den früheren Veränderungen der Erdoberfläche“ (1876) schon im Titel die durchaus geschichtliche Auffassung der geographischen Verbreitung ausspricht. Des geistvollen Moritz Wagner „Migrationstheorie der Organismen“ (1878) schrieb der Wanderung und Kolonienbildung der Lebewesen den größten Einfluß auf die Entwickelung des Pflanzen- und Tierreiches zu. Leider ist dieser treffliche Gedanke nicht nach Gebühr gewürdigt worden. Er wird sich aber noch Bahn brechen. Eine allgemeine Biogeographie, die das Tier-, Pflanzen- und Menschenleben als eine einzige Lebensäußerung des Planeten auffaßt, ist mit diesen Fortschritten angebahnt. Die strenge Sonderung der drei Wissenschaftszweige erinnert an ihr Herausgewachsensein aus beschreibenden und klassifizierenden Wissenschaften.

Betrachtungen über die Stellung des Menschen in der Natur und ihre vielseitige Bedingtheit wurden mit der Geographie der Alten übernommen, vielfach wiederholt und in Kleinigkeiten variiert, aber bis auf die Zeit Ritters mehr als eine interessante Nebenbeschäftigung von Geschichtsphilosophen, denn als eine geographische Hauptaufgabe behandelt. Die Gedanken des Hippokrates sind kaum vertieft, wohl aber durch Werke wie Bodins „Methodus ad facilem historiarum cognitionem“ (1566) und Montesquieus „Esprit des Lois“ (1748) verbreitet worden. Einen ersten großen Fortschritt machte Johann Gottfried Herder mit seinen „Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit“ (1785), in denen er sich zu der Auffassung der Menschheit als des höchsten und zum Höchsten berufenen Teiles der Erde aufschwang und diese im tiefsten Grunde geographische Betrachtung von den Sternen an bis zu den verachtetsten und kleinsten Völkern durchführte. Karl Ritter nahm Herders Gedanken, wie wir gesehen haben, auf und gewann damit für die Geographie des Menschen einen wissenschaftlichen Boden. Selbständig hat J. G. Kohls Werk „Verkehr und Ansiedelungen der Menschen“ (1841) einen wichtigen Zweig der Geographie des Menschen behandelt. Auf Ritter habe ich in der

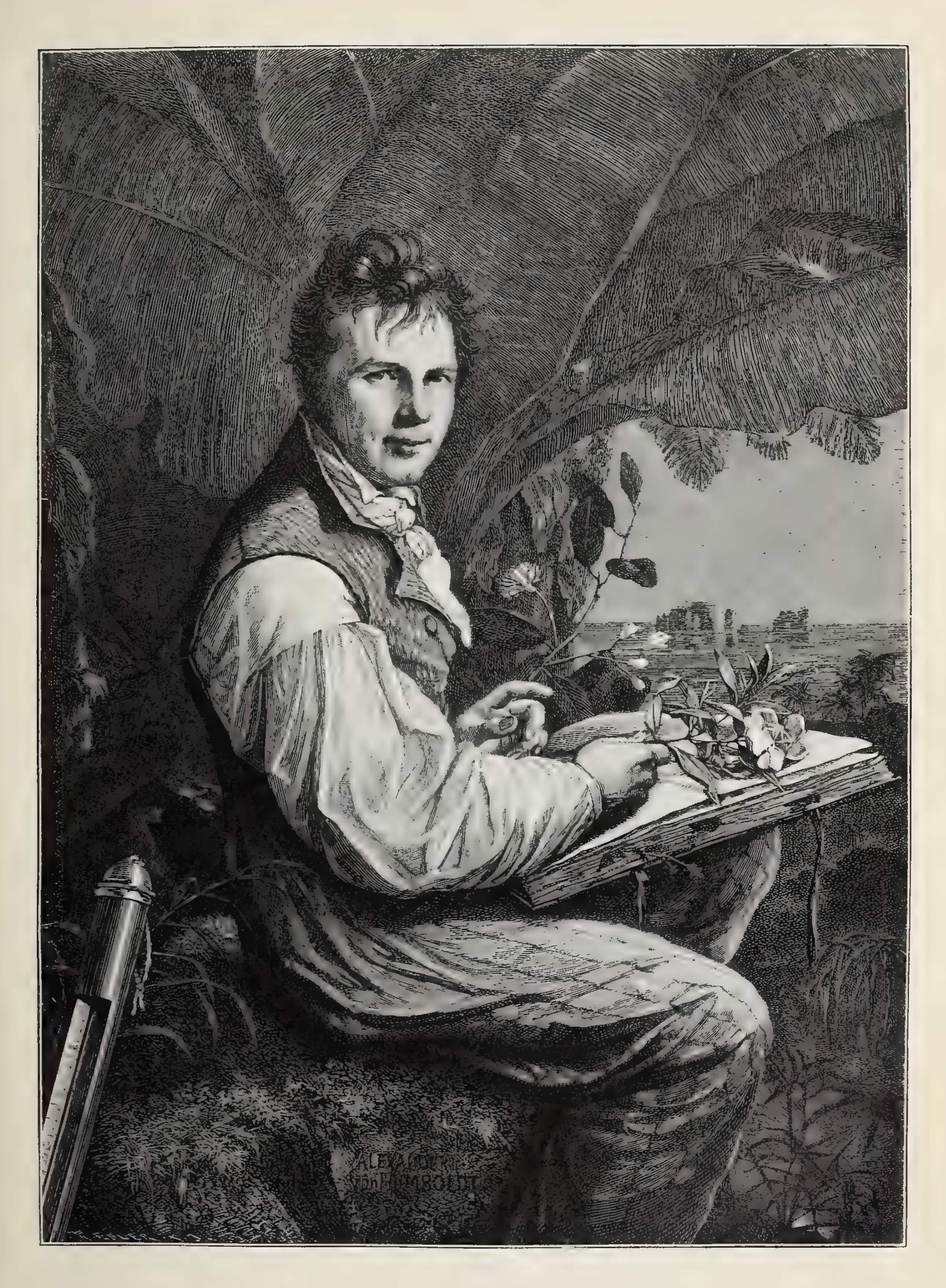
Anthropogeographie (1882 und 1891) weiter gebaut und der Geographie ihren berechtigten Einfluß in Völkerkunde, Soziologie und Geschichte dadurch wiederzugewinnen gesucht, daß die anthropogeographische Aufgabe im Geist einer allgemeinen Biogeographie behandelt wurde. Im Anschluß hieran wurde endlich 1898 der Versuch gemacht, die als unwissenschaftlich und unbelebbar verschrieene politische Geographie der wissenschaftlichen zurückzugewinnen. Die von Süßmilch und Achenwall (1749) begründete Statistik belebte nicht unmittelbar die Geographie, stellte aber höhere Anforderungen an ihre Zahlenangaben, wie man bei Büsching wohl erkennt, und verlieh besonders der politischen Geographie mehr Zuverlässigkeit. Anton Büschings bändereiche „Neue Erdbeschreibung" beherrschte seit 1754 weit über Deutschlands Grenzen hinaus die politische Geographie; sie war ebenso ausgezeichnet durch die Gründlichkeit, die noch heute ihre amerikanischen Bände wertvoll macht, wie durch eine Gedankenarmut, welche die sorgsam zusammengetragenen Thatsachen nicht tiefer zu verbinden wußte. Nachdem noch in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts für viele europäische Länder und Städte die Volkszahlen nur vermutungsweise angegeben werden konnten, sind immer mehr zuverlässige Ergebnisse statistischer Aufnahmen bekannt geworden; zugleich hat die gründliche Durchforschung der Länder, wo Volkszählungen nach wissenschaftlicher Methode nicht stattfinden, zu genaueren Schätzungen geführt. Seit 1872 bringt „Die Bevölkerung der Erde" (Gotha) die vollständigsten Zusammenstellungen. Auch die kartographische Darstellung der Volksverteilung ist wissenschaftlicher geworden.

Humboldt und Ritter.

Der großen Aufgabe, diese Fortschritte der Einzelwissenschaften für die Geographie nutzbar zu machen, ohne diese selbst ihrer Selbständigkeit zu berauben, waren enge Geister nicht gewachsen. Jene Einzelwissenschaften waren aus der Geographie selbst heraus entstanden, aber sie waren nicht Geographie geblieben. Daher ist ihre Entwickelung zunächst die Ursache einer fortschreitenden Verarmung der letzteren geworden. Wenn man von Varenius absieht, hat das Jahrhundert der Kepler, Galilei, Halley, Newton keinen großen, nicht einmal einen bedeutenden Geographen aufzuweisen. Nur Clüver ragt als historischer Geograph hervor. Dieser Zustand setzt sich in das 18. Jahrhundert hinein fort. Die Geistlosigkeit der geographischen Hand- und Lehrbücher wächst womöglich noch. Selbst Kant zeigte sich in seinen Vorlesungen über physische Geographie von der Neigung zu trockenen Aufzählungen angesteckt und suchte den toten Stoff durch Anekdoten zu beleben. Ein Auswechseln von Begriffen, ein Abwechseln mit Namen, ohne die Sache selbst tiefer zu berühren, ist dem enormen Stoff der Geographie gegenüber die naturgebotene Stellungnahme aller derer gewesen, die nicht in die Tiefe gehen konnten oder wollten. Es ist der Fehler von Buache und Gatterer und wirft selbst einen Schatten auf Ritter. Büsching, der nur ein trockener, wenn auch genauer Materialiensammler war, galt selbst einem Schlözer als großer Geograph. Das große Verdienst, durch umfassende Stoffbeherrschung und Vergeistigung die auseinander strebenden Teilwissenschaften für eine neue Geographie zurückgewonnen zu haben, gebührt den zwei großen Persönlichkeiten Alexander von Humboldt und Karl Ritter, die in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Hauptrichtungen der Geographie vertraten. Alexander von Humboldt war der lebendige Vereinigungspunkt der weit auseinander gegangenen Tochter- und Hilfswissenschaften der Geographie, Karl Ritter verband die philosophische Auffassung Herders mit der Länderkunde und der pädagogischen Anwendung. Nicht bloß für Deutschland, für die Wissenschaft im ganzen waren sie die

überragenden Vertreter. Wie einsam sie standen, mag schon daraus hervorgehen, daß an den Universitäten und in den Akademien die Wissenschaft der Geographie als solche fast nirgends vertreten war. Die geographische Arbeit wurde großenteils von den Vertretern andrer Wissenschaftszweige geleistet. Das Grundwerk der Ethnographie, Waitz-Gerlands „Anthropologie der Naturvölker" ging von einem Philosophen aus, die Philologen und Historiker beschäftigten sich mit der historischen Geographie, die Physiker und Hydrotechniker mit Gletscherkunde, Hydrographie und mit dem Meere, die Meteorologen mit dem Klima. Und wenn man nach einer Zusammenfassung aller physikalisch-geographischen Ergebnisse suchte, fand man sie am besten in allgemein geologischen oder in physikalischen Werken. Alexander von Humboldt (1769—1859; s. die beigeheftete Tafel „A. von Humboldt") war von der Geologie und Botanik ausgegangen, hatte auch in Physik, Chemie und Physiologie gearbeitet, als er 1799 seine fünfjährige Reise nach Venezuela, Kolumbien, Ecuador, Mexiko und Cuba antrat. Ideen über Weltphysik, die er schon seit 1794 hegte, setzte er in eine ungemein vielseitige Forschungsthätigkeit um, wofür die Forster und Pallas seine Muster waren. Er schuf 1805 die Pflanzengeographie, begann 1807 die Herausgabe der bändereichen „Voyage aux régions équinoxiales", eines der umfassendsten Reisewerke, schrieb 1811 in dem „Essai politique sur le royaume de la Nouvelle Espagne" das beste politisch-geographische Werk für Jahrzehnte, gab 1817 durch die Arbeit „Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe" einen mächtigen Impuls, setzte die systematischen Beobachtungen über den Erdmagnetismus durch und legte in den „Fragments de Géologie et de Climatologie asiatique" 1831, der Frucht einer neunmonatigen Reise bis zum Altai, den Grund zur Geomorphologie; 1834 gab er in dem „Examen critique de l'histoire de la géographie du Nouveau Monde" ein klassisches Werk zur Entdeckungsgeschichte. Aus Kursen weltphysikalischer Vorlesungen, die er 1827 und 1828 in Berlin gehalten, ging der „Kosmos" (1845 u. f.) hervor, der gleich den älteren „Ansichten der Natur" (1807) die Verbindung des weltumfassenden Geistes mit der klassischen Litteratur des Goetheschen Zeitalters bewies. A. von Humboldts einzelne Arbeiten sind alle überholt, die Gesamtheit seiner Erscheinung wird nicht bloß in der Geschichte der Geographie dauern. Mit der weitesten Erfahrung, der lebendigsten Aufnahmefähigkeit und dem scharfen Blick für das Wesentliche und zu dieser Zeit Notwendige, war er zwar keiner von den genialen Entdeckern, aber einer der größten Förderer und Anreger. Er ist in vielem von seinen Vorgängern abhängig, selbst in den Irrtümern. So ist seine Zeichnung des Bolor Dagh eine unmittelbare Weiterentwickelung der Pallasschen Vorstellung von dem zentralen Tiënschan als dem großen Zentralgebirge Innerasiens. Aber er hat nie einfach wiederholt. Mindestens in der Form tragen alle seine Äußerungen den Stempel seines umfassenden Geistes. Das Klassische eben dieser Form hat den „Ansichten der Natur" und den beiden ersten Bänden des „Kosmos" ihren Platz in der deutschen Nationallitteratur gegeben.

Karl Ritter (1779—1858; s. die Abbildung, S. 53), war Gelehrter und Schulmann. Seinen Geist befruchteten früh die Herderschen Ideen von der Erde als dem Wohn- und Erziehungshaus der Menschheit, und da er von der pädagogischen Seite her zur Geographie kam, beteiligte er sich auch früh an Versuchen der Salzmannschen und Pestalozzischen Schule, den geographischen Unterricht durch den Nachweis der Zusammenhänge zwischen der Erde und der Völkerentwickelung zu beleben. Damit nahm er ältere Gedanken wieder auf, die bis auf Montesquieu immer wieder Vertreter gefunden, aber seit Hippokrates keine wesentliche Vertiefung erfahren hatten. Seine Auffassung machte ihn zunächst zu einem ungemein anregenden Lehrer.



Alexander von Humboldt.

Nach dem Gemälde von Weitsch in der Berliner Nationalgalerie.

„Nie habe ich eine Ahnung gehabt, daß Geographie sich so vortragen läßt“, schrieb 1850 Eduard Vogel aus Berlin. Was nach Vergeistigung des geographischen Unterrichtes strebte, schrieb die „Vergleichende Erdkunde“ auf seine Fahnen. So nannte Ritter sein großes Werk, das in 10 Bänden 1817—1859 Afrika und den größten Teil von Asien behandelte. Ritter hat diesen Namen nicht erfunden, der vielmehr von dem großen Geographen Indiens, Rennell, schon im Sinne der Vergleichung der Naturformen gebraucht worden war; aber er hat ihn mit einem eigentümlichen Inhalt erfüllt. Ritter behandelt Afrika nicht als ein Stück Erde für sich, sondern als ein lebendiges Glied, das mit dem Ganzen in einer Fülle von Wechselbeziehungen steht; und so betrachtete er wieder die Teile dieses Teiles. Diese organische Betrachtungsweise wandte er besonders auf die Wechselwirkung zwischen den Menschen und ihrem Boden an. Aber er hat auch die Umrisse und die Oberflächenformen der Länder tiefer gefaßt als die Buache oder Gatterer, die darin seine Vorgänger waren. Daher war das Endergebnis eine schärfere und zugleich geistigere Auffassung der Naturgebiete, der Landesnaturen, freilich auch ein Entfernen von dem eigentlichen Gegenstand dieser vierzigjährigen Arbeit, der Erde. Ritters „Vergleichende Erdkunde“ ist zugleich das gelehrteste geographische Werk des 19. Jahrhunderts, ein Denkmal, wenn auch Torso und mit vielen Mängeln der Form behaftet.


Karl Ritter. Nach einem Gemälde von F. Krüger lithographiert von Friedrich Jentzen. Vgl. Text, S. 52.

Die Geographie Humboldts und die Ritters standen selbständig nebeneinander. Beide waren zu eigenartig, um im gewöhnlichen Sinn Schule zu machen. Unter den großen Naturforschern dieser Zeit hat sich nur Karl Ernst von Baer (gestorben 1876) selbständig als ein echt geographischer Geist besonders in der zweiten Hälfte seiner tiefen Wirksamkeit erwiesen. Er hat auch als Herausgeber neuer „Beiträge zur Kenntnis des russischen Reiches“ Pallas' großes Werk fortgesetzt.

Humboldts Anregungen wirkten auf den allerverschiedensten Wissenschaftsgebieten weiter, besonders in der Geologie, Klimatologie, Pflanzengeographie, in der Lehre vom Erdmagnetismus. Karl Ritters Gedanken begegnen wir bei den Historikern und in der Schulgeographie. Doch gab es im Greisenalter dieser Heroen eine Zeit, wo die Geographie fast nur noch von Topographen, Kartographen, Geologen und Historikern vertreten war. Das hing damit zusammen, daß die Geographie fast ganz der Vertretung an Universitäten und in Akademien entbehrte. 1755 wirkten kurze Zeit in Göttingen Franz, der Herausgeber Homannscher Atlanten, Tobias Mayer und Büsching zusammen, später las dort Gatterer; dann war der Lehrstuhl der Geographie verwaist. 1820 wurde Karl Ritter nach Berlin berufen. 1851 erhielt Friedrich

Simony, der Dachstein- und Seenforscher, einen Lehrauftrag an der Wiener Universität, 1870 wurde der Lehrstuhl der Geographie an der Universität Leipzig gegründet. Seitdem sind fast alle Universitäten Europas, einige der deutschen technischen Hochschulen und einige amerikanische Universitäten nachgefolgt. Zerstreut sind auch früher geographische Vorlesungen an deutschen Universitäten gehalten worden; die berühmtesten darunter von Kant in Königsberg seit 1757, als er wahrnahm, daß „eine große Vernachlässigung der akademischen Jugend darin bestehe, daß sie zu früh vernünfteln lerne, ohne genugsame Kenntnisse".

Aber nun erst erwuchsen der Geographie fachmäßige Pfleger; es entstanden geographische Institute an den Universitäten, und zahlreiche Arbeiter von zum Teil hoher Selbständigkeit belebten das Feld. Oskar Peschel hatte 1858 eine „Geschichte des Zeitalters der Entdeckungen" herausgegeben, die an A. von Humboldts „Geschichte der Entdeckung der Neuen Welt" anknüpfte, und dieser eine „Geschichte der Erdkunde bis auf Humboldt und Ritter" 1865 folgen lassen. 1869 hatte er jene „Neuen Probleme der vergleichenden Erdkunde" veröffentlicht, deren wir oben gedacht haben, und 1874 eine „Völkerkunde"; alles Werke voll Anregungen, welche die entlegensten Gebiete der Geographie mit Wissen und Geist behandelten. Im Vergleich mit dieser ausgebreiteten Wirksamkeit war die schon weiter zurückreichende wissenschaftliche Thätigkeit Kieperts in Berlin beschränkt; sie umfaßte nur die alte Erdkunde, und ebenso die Simonys in Wien, die sich auf die Morphologie, Seenkunde und Biogeographie der Alpen konzentrierte. Elisée Reclus schuf seit 1868 die „Nouvelle Géographie Universelle", die mit neuen Ideen und in feinerer Form die Überlieferung Büschings aufnahm. Bisher hat keiner von den jüngern Geographen sich an die Behandlung des ganzen Riesenstoffes in auch nur entfernt ähnlichem Umfang herangewagt.

Ein großer Zug, der durch die Entwickelung der Geographie in unserem Jahrhundert geht, ist die Loslösung von der Kunst: ein Prozeß, den wir ebensogut in den Reisebeschreibungen wie auf den Karten sich vollziehen sehen. Die idyllische Auffassung des Lebens der Naturvölker und die wortreiche Bewunderung der Tropennatur sind ebenso veraltet, wie die Sitte abgekommen ist, die leeren Räume der Landkarten mit Zeichnungen von Seeungeheuern und Wilden zu füllen. Die Reisebeschreibung wird zum Reisebericht, und die Karte will das treue Bild des Geländes statt Phantasiebilder von Nebensachen geben. Dafür ist nun die Kunst selbständige Gehilfin der Geographie geworden. Die Gebirgsforschung, die Pflanzengeographie, die Klimatologie haben die Zeichnung von treuen Gebirgsansichten und Panoramen, von Vegetationsbildern, von Wolkenbildern zur Aufgabe gestellt. Das 18. Jahrhundert hatte in keinem einzigen Reisewerk unanfechtbare Gebirgsansichten geboten, selbst die Vulkanansichten in A. von Humboldts „Vues des Cordillères" (1810) sind unnatürlich steil. Alpenpanoramen (zuerst durch Du Crest 1755), Howards Wolkenbilder (1802), Vegetationsbilder, wie sie Kittlitz von der Lütkeschen Expedition nach den Karolinen und Kamtschatka heimbrachte (1826—29), Bergs Atlas von südamerikanischen Tropenlandschaften, die antarktischen Eislandschaften in Dumont d'Urvilles Reisen waren künstlerische Fortschritte und damit zugleich auch wissenschaftliche. Die Photographie hat aber diesen Ergänzungen des Textes und der Karte einen ganz andern Wert und eine viel größere Ausbreitung verliehen. Landschaften aus allen Zonen werden uns in Hunderten von Darstellungen vertraut, und eine Sammlung von Photographien gehört jetzt ebensowohl zum Rüstzeug des Geographen wie der geographische Atlas. Die Kunst des Griffels und des Pinsels ist damit weit zurückgedrängt. Die Naturschilderung hat zwar auch immer mehr wissenschaftliche Elemente in sich aufgenommen, lehnt die bewußte Schönmalerei und die

Phrase ab, hat dafür ihr Auge an die Wiedergabe der Farben gewöhnt, die von den größten Schilderern der Humboldtschen Zeit noch nicht erreicht wurde; aber der Einfluß der schönen Litteratur hat zugleich die Auffassung und Wiedergabe der Naturbilder vertieft und bereichert. Goethe, Jean Paul, Stifter, Byron, Wordsworth, Victor Hugo haben Reiseschilderer gelehrt, für Natureindrücke die kürzesten und schlagendsten Worte zu finden und über der Oberfläche nicht die Tiefe der Erscheinungen zu vergessen. Für die teilweise Entfärbung durch das Zurücktreten des Abenteuerlichen bieten neuere Reisebeschreibungen Ersatz durch diesen höhern Stil in der Schilderung.

So sehen wir durch die gemeinsame Arbeit auf dem Gebiete der Geographie selbst und auf ihren Nachbargebieten jene zu einer Wissenschaft erwachsen, welche die Erdoberfläche erforscht, beschreibt und darstellt. Sie bedient sich derselben Methoden wie die Naturwissenschaft, kann aber das Experiment nur in geringem Maße anwenden. Sie ersetzt diesen Mangel durch weitgehende Vergleiche. Die Karte ist ein wesentlicher Bestandteil ihrer Forschungswerkzeuge. Da die Erdoberfläche nicht ohne den Menschen und die Werke des Menschen zu denken ist, unterscheidet sich die Geographie von allen Nachbarwissenschaften durch ihren Umfang und die innere Verschiedenheit ihrer Gegenstände. Was sie aber als die *eine* Geographie zusammenhält, das ist ihre Aufgabe, die Erscheinungen der Erdoberfläche in allen Wechselbeziehungen zu erkennen, und ihre Methode genauer Beschreibung und umfassender Vergleichung in Wort, Karte und Bild.

Das Zeitalter der wissenschaftlichen Entdeckungen.

Zwei Jahrhunderte nach Kolumbus und Vasco da Gama blieb noch viel auf der Erde zu entdecken. Die Polargebiete waren nur an den Rändern, das Südpolargebiet nicht einmal den Umrissen nach bekannt. Das Innere von Nord- und Südamerika war nur den Strömen entlang etwas aufgehellt, die großen Westgebirge lagen noch großenteils im Dunkel. Im Stillen Ozean blieb eine große Menge von Inseln noch zu entdecken, und in Australien nicht bloß das Innere, sondern auch die Ostküste zu entschleiern. In Afrika waren selbst die Küsten noch nicht alle festgelegt, und von seinem weiten Inneren wußten die Gelehrtesten Europas viel weniger als die arabischen Geographen des 14. Jahrhunderts. Auch in Zentralasien war man hinter Marco Polo zurück. Merkwürdigerweise waren auch die besseren Reisewerke des Mittelalters fast verschollen. Die Neudrucke der großen Reiseschilderer des 16. Jahrhunderts hatten gegen das Ende des 17. Jahrhunderts aufgehört. Es ist bezeichnend, daß selbst die Beliebtheit der Marco Polo, Schiltberger und abenteuerlicher Genossen um diese Zeit verblaßt war. Die Neigungen, die sie einst befriedigt hatten, suchten jetzt Befriedigung in den Berichten der Missionare, in Reiseromanen und Robinsonaden. Da fanden sie alles an eine Handlung geknüpft, alles in die Reisebegebenheit selbst eingeschachtelt. Das Reisen zur Belehrung oder Ergötzung nahm zu, und es zeigten sich zuerst in der Landschaftsmalerei und dann in der Litteratur die Spuren eines tieferen Naturgefühls. Für die Geographie ist es aber besonders wichtig, daß nun auch für die Beobachtungen der Reisenden die Folgerungen aus dem Aufblühen der Wissenschaften gezogen wurden.

Nachdem die Regierungen mit der Entsendung von wissenschaftlichen Forschungsexpeditionen vorangegangen waren, forderte man mit Bewußtsein in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts den wissenschaftlichen Reisenden. Kant hat dieser Forderung die klarsten Worte und schärfste Fassung verliehen, als er in einem kleinen Aufsatz über die Menschenrassen ausrief: „Erfahrung *methodisch* anstellen, heißt allein *beobachten*. Ich danke für den bloß

empirischen Reisenden und seine Erzählung, vornehmlich, wenn es um eine zusammenhängende Erkenntnis zu thun ist, daraus die Vernunft etwas zum Behuf einer Theorie machen soll." Um diese Zeit hatte freilich Pallas (s. die untenstehende Abbildung) längst seine kaspischen und sibirischen Reisen und die Forster ihre Reise um die Welt vollendet und den wichtigsten Teil ihrer Beobachtungen in einer Form ans Licht gebracht, welche die besten Leistungen früherer Jahrzehnte an Geist und Gründlichkeit hinter sich ließ. Im Vorwort zum ersten Band (1771) hatte Pallas sein Ideal mit den vielsagenden Worten gezeichnet: „Mich dünkt, die Haupteigenschaft einer Reisebeschreibung ist ihre Zuverlässigkeit." Die Forderung Kants richtet sich aber auch nicht darauf, daß überhaupt wissenschaftliche Reisende da sein sollten, sondern wendet sich gegen das Überwuchern eines breiten, aber nicht tiefen, saloppen Reisegeplauders, dem womöglich noch die Würze der Sentimentalität zugesetzt wurde. Seine Forderung war einer noch bedeutenderen Erfüllung näher als man dachte. Im Werden waren jetzt schon wissenschaftliche Reisende im strengen und größten Sinne, wie A. von Humboldt, Leop. von Buch und Wahlenberg. Scoresbys Beobachtungen, die allerdings schon in den Beginn des nächsten Jahrhunderts fallen, zeigen, wie die wissenschaftliche Fragestellung selbst bei Walfischfahrern Eingang fand. Damit war freilich der Mißbrauch der Reisebeschreibung zur bestechenden Einhüllung unreifer Hypothesen und seichter Gedanken, der für Kant ein Greuel war, noch nicht beseitigt. Aber es erschienen rasch hintereinander Reisebeschreibungen, die in Auffassung und Darstellung hohe Ziele anstrebten.



Dr. Pet. Sim. Pallas.

Russ. Kais. Staats-Rath; des Heil. Wladimir Ordens Ritter; der K. Academ. d. Wiss. der freyen Oecon. Societ. das. u. viel. andern gelehrt. Gesellsch. Mitglied.

Aus: „Allgemeine Geographische Ephemeriden". Herausgegeben von Gaspari und Bertuch, Weimar 1800.

Der Aufschwung der Reiselitteratur, die in den Werken von Cook, Banks, der beiden Forster, Niebuhr und andrer der Forschung und Darstellung Muster lieferte, wie man sie bisher kaum gekannt hatte, setzte sich in den Werken von Mungo Park, Hornemann, Burkhardt fort; auch die wertvollen Werke älterer wurden nun wieder besser beachtet. Beweis dafür ist die Herausgabe des Kämpferschen „Japan" durch Dohm 1777. Die klassischen Werke über einzelne Völker, wie Cranz' „Historie von Grönland" (1763), Marsdens „Sumatra" (1785), Reinhold Forsters „Bemerkungen auf einer Reise um die Welt" (1780), fallen in dieselbe Zeit, und wie sie mit ihrer vertieften Auffassung der Stellung des Menschen in der Welt anregend wirkten, zeigen vor allem Herders „Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit". Ein jüngerer Litteraturhistoriker mit geographischen Interessen hat uns jüngst gezeigt, welche Reisewerke es hauptsächlich gewesen sind, die Herder für sein großes Werk benutzt hat, und wie er sie benutzt hat. Wir

sehen, wie gerade in Herders Arbeiten einer der wichtigsten der Kanäle mündet, welche die Reiselitteratur mit der allgemeinen Litteratur verbinden. Wenn uns bei Herder eine Reife des ethnographischen Urteils entgegentritt, mit der Voltaires und Buffons hingeworfene Bemerkungen gar nicht mehr verglichen werden können, so ist dabei an den Einfluß der inzwischen treuer, kritischer und viel beobachtungsreicher gewordenen Reisebeschreibungen zu denken.

Die Reiseberichte nahmen um diese Zeit so zu, daß man häufig Entschuldigungen der Autoren begegnet, daß sie diese Flut noch vergrößern. Wo weniger gereist wurde als anderswo, versorgte man sich mit Übersetzungen, die besonders in Deutschland blühten. Sogar Schiller und die Forster haben sich daran beteiligt. Die in Weimar herausgegebene Bertuchsche Sammlung von Reisebeschreibungen, die fast nur Übersetzungen brachte, wuchs auf 100 Bände.

Es trat eine scharfe Scheidung zwischen den wissenschaftlichen Reisen und den Plaudereien ein, letztere von der aufblühenden Tageslitteratur begünstigt, die ihnen ein Obdach gewährte. Hervorragende Reisende zogen eine scharfe Grenze zwischen diesen und ihren eigenen Reisebüchern. So Ludwig Burckhardt: „Nie, gewiß nie habe ich von der Welt, die mich umgab, Dinge gesagt, in denen mein Gewissen mich nicht rechtfertigt, und um einen Roman zu schreiben, habe ich mich nicht so manchen Gefahren und Beschwerden bloßgestellt.“ Die Sitte, große Reisewerke in langen Bändereihen, pompös ausgestattet, womöglich in Folio, herauszugeben, beweist in ihrer Art auch die Schätzung, deren sich diese Litteratur erfreute. Wie im Mittelalter und im 16. Jahrhundert erweckten einzelne Reisen das weiteste Interesse und zwar nachhaltig.

Der Weltlitteratur hat besonders die Afrikaforschung Werke geschenkt, die zu den vorzüglichsten im Fache der Reisebeschreibung, der Länder- und Völkerschilderung gehören. Das große fünfbändige Werk von Bruce über Abessinien und Nubien ist in England dreimal aufgelegt, in Deutschland und Frankreich vollständig und noch mehrmals im Auszug übersetzt worden. So große Erfolge sind von den Nachfolgern nicht oft erreicht worden, aber der litterarische Wert ihrer Schriften war vielfach bedeutend größer. Kein Gebildeter versäumte in den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts die Missionsreisen Livingstones zu lesen, deren religiös-philanthropischer Enthusiasmus die Herzen gewann. Livingstones erstaunliche Leistungen, die mit bescheidenen Mitteln vollbracht und ebenso bescheiden erzählt sind, stempeln den schottischen Missionar zu einer Heldenerscheinung, der die enge Verbindung mit den Geschicken eines früh dem Untergang verfallenen Negerstammes und besonders der einsame Tod tief im Inneren Afrikas einen eigenen Zauber verleiht. In der deutschen Litteratur sind die Werke von Barth, Schweinfurth, Nachtigal nach Inhalt und Form vorzüglich. Alle drei charakterisiert die Verbindung von wissenschaftlicher Gründlichkeit mit litterarischer Befähigung und Sorgfalt, und ihnen allen fehlt nicht das Spannende zahlreicher Abenteuer. Unter den französischen ragen Duveyrier und Binger hervor. Die meisten englischen Reisenden sind nicht so gründlich vorgebildet und so eifrig bedacht gewesen, der Geographie zu nützen. Aber es hat unter ihnen jederzeit Männer von ebenso ausgezeichneter Beobachtungs- wie Darstellungsgabe gegeben, und der Kreis, den sie umfaßten, war der größte. Es genügt, die Namen Darwin, Hooker, Wallace zu nennen. In Berührung mit der schönen Litteratur gewannen die Reisebeschreibungen neue Mittel der Darstellung. So wie in der französischen Litteratur Rousseaus Einfluß, ist in der deutschen der Goethes und Jean Pauls zu spüren. Das Naturgefühl erreicht eine Wärme und Feinheit wie nie vorher. Das Mitgefühl mit dem Elend niederer Völker steigert sich bis zur Sentimentalität, wovon ein Georg Forster nicht frei war. Aber diese Empfindungen belebten die Darstellung und vertieften endlich die Beobachtung. So sehen wir die Naturschilderung von der Schilderung der Umrisse

zur Aussprache der Stimmungen fortschreiten und bemerken, wie ihre grauen Zeichnungen immer farbiger werden. In hervorragendem Maße zeigt die Polarlitteratur eine wohlthuende Verbindung warmer, naturfreudiger Schilderung mit forschender verständiger Beobachtung.

Die Gründung von Vereinen zur Erforschung fremder Länder, die von England ausging, Asiatic Society 1784, African Association 1788, Société de Géographie Paris 1821, Gesellschaft für Erdkunde Berlin 1828, bezeichnete einen Fortschritt sowohl in der Forschung als auch in der Darstellung. Diese Gesellschaften hielten auf die beste Vorbereitung ihrer Reisenden. Sie stellten bestimmte wissenschaftliche Aufgaben. So war denn schon eine der ersten Veröffentlichungen der African Association, Hornemanns „Reise von Kairo nach Murfuk", eine ganz andre Leistung als so vieles, das vorher erschienen war. Sie erfüllt die Kantische Forderung der bewußten, methodischen Beobachtungen. Hornemann, dessen „Reise" 1802 nach seinem Tode erschien, hat eine sehr genaue Routenkarte seines Weges durch die Wüste, eine eingehende Beschreibung von Fessan und eine Arbeit über die östlichen Wüstenstämme hinterlassen, aus der hervorging, daß die Tibbu keine Neger sind, sondern eine Berbersprache sprechen. Das wichtige Hilfsmittel der Erkundigungen tritt uns hier in meisterlicher Verwendung entgegen. Zum erstenmal schlagen die Namen Tsad und Wadaï an unser Ohr.

Die Landumrisse waren festgestellt (s. das Kärtchen, S. 59). Cook und Vancouver hatten systematisch die Küsten nach Inseln, die Archipele nach übersehenen Eilanden abgesucht. Einige beträchtliche Stücke, wie Vancouver und Tasmania, waren noch vor dem Ende des 18. Jahrhunderts entdeckt worden. So lagen denn die großen entdeckerischen Aufgaben des 19. Jahrhunderts im Inneren der drei schwer zugänglichen Festländer Asien, Afrika und Australien, in den Eisregionen um Nord- und Südpol und in der Tiefe des Meeres. In Asien und Afrika stellten sich Hemmnisse der Bodengestalt und politische Hindernisse entgegen, und die geographische Erforschung bereitete vor oder begleitete Eroberungszüge; in Australien galt es, die menschen- und kulturärmste Wüste zu überwinden; die Polarforschungen und die Tiefseeforschungen schritten durch die ozeanische Dampfschiffahrt und die Kabellegungen fort und zogen Gewinn von technischen Verbesserungen der Fahrzeuge und Instrumente.

Lange Zeit stand die Afrikaforschung im Vordergrund, und die letzten hundert Jahre derselben werden für alle Zukunft als einer der anziehendsten Abschnitte in der Geschichte der Menschheit gelten. Wissenschaftlich allein kann man den Wert der in dieser Epoche umschlossenen Thaten und Leiden nicht erschöpfend würdigen. Das rein Menschliche, das Litterarische, das Politische halten ihm das Gegengewicht. Unter den Afrikareisenden dieser Zeit sind einige große Gelehrte, und die meisten haben die Wissenschaft gefördert. Aber was der Afrikaforschung eine so große Teilnahme in der ganzen gebildeten Menschheit erweckte, das ist nicht in den Annalen der Wissenschaft verzeichnet, sondern gehört der Weltgeschichte im ganzen an. Afrika hat Leistungen und Erduldungen gesehen, die höchst erhebend sind und auf das tiefste unser Mitgefühl erregen. Neben einem Bruce, der auf vierjährigen Reisen in Abessinien und Nubien die vollständigste Kunde über ein größeres afrikanisches Gebiet gab, die bis dahin in der Litteratur existierte, und der einen der verschollenen Nilquellseen entdeckte, und einem Browne, der mit ungewöhnlichem Glück in das dann für weitere hundert Jahre verschlossene Dar For eingedrungen war, stehen die trauererweckenden Gestalten Friedrich Hornemanns, Mungo Parks und Ludwig Burckhardts, die nach siegreichen Anfängen als Opfer ihres kühnen Entdeckertriebes fielen. Hornemann ist im Sudân verschollen, nachdem er als erster Europäer

die gefürchteten Wege Kairo-Siwah-Audschila-Mursuk und Mursuk-Tripolis ohne Unfall und mit reicher Ernte für die Wissenschaft durchmessen hatte. Ludwig Burckhardt bereiste 1809 bis 1817 Syrien, Nubien, Sennaar und starb auf der Rückkehr von Mekka. Mungo Park war es vergönnt gewesen, nachdem er 1795—1797 den Nigerlauf entdeckt und verfolgt hatte, siegreich nach England zurückzukehren. Aber als er 1805 von neuem den Niger bei Bamaku nach einer höchst mühseligen Reise erreicht hatte, ertrank er bei dem Versuche, einem räuberischen Überfalle durch Schwimmen zu entgehen.

Mehr als einmal vermochte das Verschwinden eines berühmten Reisenden die Spannung und endlich die hilfsbereite Teilnahme der gebildeten Welt zu erwecken. So wie das Suchen nach



Erdbild um 1800. Die schraffierten Stellen deuten die erforschten Gebiete an. Vgl. Text, S. 58.

dem verschollenen Franklin der Polarforschung neuen Schwung gab, hat Stanleys Aufsuchung Livingstones große afrikanische Entdeckungen im Gefolge gehabt. Als Barth durch den Tod seine beiden Gefährten Richardson und Overweg verloren hatte und allein seine Reise tief ins Nigergebiet auf unbetretenen Wegen fortsetzte, wurde Vogel ausgesandt, um seine verlorenen Spuren aufzusuchen. Beider unerwartetes Zusammentreffen im Walde von Surrikulo zwischen Kuka und Kano gehört zu den dramatischen Höhepunkten jener Epoche der Afrikaforschung.

Auch andre Erdteile sind in dem gleichen Zeitraume mit Opfern und unter Gefahren erforscht worden, die teilweise nicht geringer waren. Man braucht nur die Namen Leichhardt und Franklin zu nennen. Die geographischen Ergebnisse waren auch hier oft sehr bedeutend. Aber vieles wirkte darauf hin, um Afrikas Erforschung mit einem Zauber eigener Art zu umgeben und jedem neuen Ergebnis derselben einen besonderen Wert zu verleihen. Afrika

liegt unserem Gesichtskreis näher als Australien oder der Nordpol. Große Teile davon interessieren seit lange die Menschheit: Ägypten, das Land alter hoher Kultur, und Abessinien, die Oase des Christentums. Ein geographisches Problem, wie das der Nilquellen, ist uns von den Griechen überliefert. Afrika ist menschenreicher als Amerika und Australien, verspricht also wirtschaftlich und politisch mehr. In eine ganz eigentümliche Verbindung ist dann die Entdeckerthätigkeit gerade in Afrika mit dem Streben der Völker getreten, die bei der ersten Verteilung der Welt in den Jahrhunderten der Entdeckungen leer ausgegangen waren. Entdeckungen, die früher rein im wissenschaftlichen Interesse gemacht und verwertet worden waren, führten zu wirtschaftlichen und damit notwendig zu politischen Ansprüchen und Festsetzungen. Das zeigt sich vor allem bei den deutschen und italienischen Reisenden. In dieser Weise ist der Kongostaat entstanden. Ein Mann wie Nachtigal hat seine großen Reisen zunächst in wissenschaftlichem Interesse gemacht, und als sie lange abgeschlossen hinter ihm lagen, verwertete sein Land seine Erfahrungen in den ersten Besitzergreifungen in Togo und Kamerun. Jetzt erkennen wir die starken Fäden, die von der scheinbar vereinzelten Thätigkeit der Barth, Vogel, Rohlfs, Nachtigal, Pogge, Mauch zur Aufsammlung von afrikanischen Erfahrungen, zur Anpflanzung deutscher Interessen im dunkeln Erdteil, zur nationalen Teilnahme an außereuropäischen Dingen im allgemeinen, und endlich zum politischen Eingreifen führten.

Die Unmöglichkeit, gegen die mohammedanischen Reiche in Nordafrika anzukämpfen, verwies die europäische Kolonisation in diesem Erdteil auf die entgegengesetzte Seite, nach Südafrika, wo die Niederländer sich seit der Mitte des 17. Jahrhunderts rasch ausbreiteten. Daher von hier auch die frühesten eingehenden Berichte über Land und Leute, zu denen seit dem 17. Jahrhundert Beschreibungen der Westküste und Abessiniens, und seit dem Ende des 18. Jahrhunderts Berichte über die Wüste, über Niger und Nil kommen. Erst der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gehört die wirtschaftliche, erforschende und missionierende Durchdringung Innerafrikas an, der die Besitzergreifungen und der Übergang von den großen Reisebeschreibungen zu den wissenschaftlichen Einzelberichten gefolgt sind.

In Asien konnte aus natürlichen und kulturlichen Gründen die Aufgabe nicht so einfach sein wie in Afrika. Zwar sorgte Rußland für die geographische Kenntnis seines großen asiatischen Reiches, aber in allen andern Teilen Asiens herrschten Mächte, die dem Eindringen europäischer Gelehrten nur selten günstig gesonnen waren. Religiöser Fanatismus erschwerte die Erforschung der islamitischen Westhälfte, politische Abneigung die der buddhistischen Osthälfte. Die Kenntnis der ostasiatischen Reiche sank, seitdem die christlichen Missionare dort ihren Einfluß verloren hatten, weit unter das Niveau des 17. Jahrhunderts. Martini, Du Halde, Kaempfer blieben bis in unser Jahrhundert die großen Autoritäten für die Geographie von China und Japan. Korea ist erst in unsern Tagen erschlossen worden. Arabien konnte nur unter großen Gefahren besucht werden, die Erschließung der innerasiatischen Chanate hat manches Menschenleben gekostet. Und doch lockten hier Gebiete vom größten geschichtlichen Werte. Gerade nach Nord- und Westasien waren daher die frühesten jener planmäßigen Forschungsreisen gerichtet, die in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts eine neue Ära der geographischen Entdeckungen heraufführten. Carsten Niebuhr durchreiste mit vier erlesenen, gründlich vorgebildeten Gefährten Arabien von 1761—67. Seine Genossen fielen dem Klima zum Opfer, er selbst kehrte zurück und legte mit seinem Werke die Grundlage zur Kenntnis des Glücklichen Arabiens. Indem er, der Schüler Tobias Mayers, zuerst die geographischen

Längen durch Mondabstände maß, brachte er Ortsbestimmungen mit, die sich als nahezu tadellos bewährt haben.

In Indien gab die Befestigung der englischen Herrschaft gegen das Ende des 18. Jahrhunderts zunächst Veranlassung zu eingehenderer Beschäftigung mit der Völkerkunde und Geschichte Indiens, der sich Arbeiten über alle angrenzenden Gebiete von Persien bis Sumatra anschlossen. Jahrzehnte lang glaubte man, nach der Entdeckung der Stammverwandtschaft indischer und europäischer Sprachen, in Indien das Mutterland aller Kultur gefunden zu haben. Die Arbeiten Rennells, besonders die Denkschrift über die Karte von Hindostan (1792), die monumentale „Indische Altertumskunde" Lassens (1844) warfen Licht auf viele geographische und besonders auch anthropogeographische Fragen Indiens und Innerasiens. 1803 wurde eine Vermessung Indiens begonnen, in deren Verlauf die Entdeckung der die höchsten Andengipfel überragenden Himalajariesen weithin Überraschung hervorrief. Kaum minder erstaunte die bedeutend tiefere Lage der Firngrenze am Südabhang des Himalaya im Vergleich mit dem Nordabhang, die A. von Humboldt sogleich aus dem Unterschiede der Niederschläge herzuleiten vermochte. Schon 1811 hatten übrigens von Engelhard und Parrot am Kaukasus und am Ararat die hohe Lage der Firngrenze im Steppenklima nachgewiesen. Später ist eine geologische Aufnahme Indiens begonnen und das Studium des Klimas der ganzen Monsunregion Südasiens vertieft worden. Ein weiteres Zentrum wissenschaftlicher Erforschung hat sich in Japan entwickelt, wo seit Ende der siebziger Jahre in großem Stile topographische, geologische und Erdbebenforschungen im Gange sind, die sich, ein großer Unterschied von Russisch-Asien und Britisch-Indien, immer mehr auf einheimische Kräfte stützen.

Von den Erdteilen, die das Zeitalter der Entdeckungen gewonnen hatte, wurde Amerika am frühesten durchzogen, erobert und zum Teil auch kolonisiert. Daher ist auch ein großer Einfluß der Amerikaforschung auf die Entwickelung der Geographie zu spüren, noch ehe Afrika und Asien in den Hauptzügen bekannt geworden waren. Der Bau Amerikas mit seinen starken Höhen- und Klimaunterschieden, seinem Vulkanismus, seinen großen Strömen und Seen, seinen rätselhaften einheimischen Kulturen und endlich die mächtige Kulturentwickelung in einzelnen Teilen haben viel dazu beigetragen.

Zuerst wurde Südamerika für die Geographie wirksam. Seitdem Marggraf in so rühmlicher Weise an der ersten wissenschaftlichen Erforschung Brasiliens thätig gewesen, war die wissenschaftliche Arbeit in den Ländern des südlichen und mittleren Amerika ungemein wenig gefördert worden. Einen ersten erheblichen Fortschritt bewirkte die französisch-spanische Gradmessung auf der Hochebene von Quito (1736—39), von deren Teilnehmern Bouguer durch seine Pendelmessungen, Vulkanstudien und Beobachtungen über die Firngrenzen und andere Höhengrenzen, La Condamine durch seine Thalfahrt auf dem Amazonenstrom auch über ihre nächste Aufgabe hinaus die Geographie gefördert haben. Von A. von Humboldts Reisen in Mexiko und Südamerika mit ihren ungemein wirksamen Ergebnissen haben wir bereits gesprochen. Eins der ersten, noch immer seltenen Beispiele thätiger Teilnahme der Herren dieser Länder an wissenschaftlichen Forschungen gab Felix de Azara, der von 1780—1801 die Pampasländer kartographisch aufnahm und die erste genaue Schilderung südhemisphärischer Steppen, ihrer Tier- und Pflanzenwelt bot. In den Bahnen A. von Humboldts wandelten deutsche und französische Erforscher, wie Spix und Von Martius, Pöppig, Boussingault, M. Wagner, bis fremde Forscher, die sich im Lande niederließen, wie Philippi und Burmeister, wissenschaftliche Mittelpunkte im Lande selbst schufen.

Viel rascher ist diese Entwickelung in Nordamerika fortgeschritten, wo seit den vierziger Jahren der der politischen Ausbreitung der Vereinigten Staaten von Amerika und Britisch-Nordamerikas zum Stillen Ozean vorangehende Zug nach Westen auch wissenschaftliche Formen annahm. Unter den geographischen Wissenschaften sind es vor allem die Klimatologie, Geologie und Morphologie, die durch eine Reihe von hochbedeutenden, selbständigen Werken amerikanischen Ursprungs gewonnen haben. Nordamerikanische Hochschulen und Museen gehören heute schon zu den fruchtbarsten Stätten geographischer und ethnographischer Arbeit.

Erst lange nachdem von der asiatischen Seite her die Russen Nordwestamerika erreicht hatten, unternahmen Spanier und Engländer die Bestimmung der wenig bekannten Küste, die nach Cooks Reise von 1778 als im großen festgelegt gelten konnte. Die Insularität von Vancouver entdeckte erst 1791 die Expedition des gleichnamigen Seemannes. Kleine Verbesserungen brachte Kotzebues Fahrt von 1816 an dieser Küste, unter anderem wurde Kotzebuesund festgestellt. Die nordwestliche Durchfahrt, nach der noch Cook gesucht hatte, war von der Küste her nicht entdeckt worden; durch die Einfahrt in jede für eine Straße gehaltene Einbuchtung aber wurde der Fjordreichtum der letzteren verhältnismäßig früh erkannt. Zu Lande vervollständigten Hearnes Wanderung am Kupferminenfluß hinab (1770), die Entdeckung des Athabascastromes durch Mackenzie (1789), die systematische Aufnahme der Eismeerküste unter Franklin (1820 und 1826), die Bestimmung des Kap Barrow durch Simpson (1837) und endlich die Verfolgung des Laufes des Großen Fischflusses durch Back (1839) die Vorstellung von einer großen kontinentalen Ausbreitung Amerikas nach Nordwesten hin. Das Suchen nach der nordwestlichen Durchfahrt war damit in das Eismeer hinaus verwiesen, und ihre Auffindung voraussichtlich ohne praktischen Nutzen. Im mittleren und südlichen Nordamerika querten Trapper und Händler englischer und französisch-indianischer Abstammung die Prärien und Westgebirge, lange ehe im Auftrag der Vereinigten Staaten von Amerika Pike (1805—1807) und Long (1818—24) diese Gebiete zu wissenschaftlichen Zwecken durchreisten. Die Spanier blieben überall, wo sie in diesen Gebieten Besitzungen hatten, unthätig. In den 40er Jahren begann dann die nach der politischen Ausbreitung der Vereinigten Staaten von Amerika rasch anschwellende systematische Erforschung der Westgebiete dieser Vereinigten Staaten.

Die Erforschung der Ozeane ruhte im Norden nach den vergeblichen, zum Teil so traurig verlaufenen Versuchen, das nördlich von Europa, Asien oder Nordamerika liegende Eismeer zu kreuzen. Im Atlantischen und Indischen Ozean lagen die großen Umrisse und alle Inselgruppen fest. Nur im Stillen Ozean blieb noch viel zu thun. Denn da Tasmans und Schoutens große Errungenschaften verschollen waren, Australiens Küsten unbesucht blieben, und die Entdeckungen der Russen im nördlichen Stillen Ozean und im angrenzenden Eismeer nicht bekannt geworden waren, lag hier ein weites, lohnendes Arbeitsfeld, von dem die große Ernte durch drei Reisen von James Cook 1768—79 eingebracht wurde. Cooks größte Leistung ist die Durchschiffung des südlichen Atlantischen und Stillen Ozeans in hohen Breiten bis 71°, wodurch die Ozeanität der Südhalbkugel festgestellt, die Fabel von der Terra Australis vernichtet wurde. Cook vollendete die Tasmanschen Entdeckungen in Australien, umschiffte Neuseeland, entdeckte eine Anzahl Inseln Ozeaniens, darunter den Archipel von Hawaï, und erforschte die Nordwestküste von Amerika. Ihn begleiteten die beiden Forster, Reinhold (s. die beigeheftete Tafel „Johann Reinhold Forster") und Georg, Vater und Sohn, auf der zweiten und bedeutendsten Reise. Reinhold Forsters Werk „Bemerkungen über Gegenstände der



Johann Reinhold Forster.

Nach einem Bildnis von A. Graff.

physischen Erdbeschreibung, Naturgeschichte und sittlichen Philosophie auf seiner Reise um die Welt gesammelt" (engl. 1780, deutsch 1787) hat einen mächtigen Einfluß auf die Entwickelung der physikalischen Geographie und der Ethnographie geübt. Aus den Cookschen Sammlungen stammen die ältesten und wertvollsten Bestandteile unserer ethnographischen Museen, und seine Reiseschilderungen streben eine treuere und gründlichere Schilderung der „Wilden" an, als bisher meist üblich gewesen war.

Die größte kulturliche Folge der Cookschen Reise war die Entdeckung der Anbaufähigkeit Australiens, der die Besiedelung mit dem Beginn der achtziger Jahre des 18. Jahrhunderts folgte. An sie schloß sich bald die Durchforschung des Inneren mit großen geographischen und ethnographischen Ergebnissen an. Die Namen der großen und unglücklichen Durchquerer Leichhardt (geb. 1813) und McDouall Stuart bleiben mit der Einleitung dieser Arbeit verbunden. Ebenso wie in Amerika widmeten sich in Australien sehr frühe die Nachkommen der europäischen Ansiedler der Erforschung ihrer neuen Heimat. Seit 1872 konnte sich die weitere Erforschung des Inneren an den Überlandtelegraphen anlehnen, und die Goldfunde im Westen haben die Kenntnis der wüstesten Teile Australiens wesentlich gefördert.

Seitdem Cook bewußt und planmäßig die Ozeanumrisse und die Inseln nach neuen Entdeckungen abgesucht hatte, blieb so wenig zu finden mehr übrig, daß große Expeditionen wie die von Krusenstern und Kotzebue (1815—17 und 1823—26) nur noch vergessene Korallenriffe in längst bekannten Gruppen wie den Karolinen oder Niedrigen Inseln neu auffanden. Die erste Reise Kotzebues ist durch die Teilnahme Chamissos merkwürdig geworden, der neue Beobachtungen über die Korallenriffe machte; die zweite durch die Tiefseetemperaturmessungen von E. Lentz, welche die folgenreiche Entdeckung des Heraufragens der kälteren Tiefsee unter dem Äquator brachten, woraus auf den vertikalen Kreislauf zwischen Pol und Äquator geschlossen werden konnte. Zwar drang dieser Schluß nicht sogleich durch, da seit den ersten Tiefseetemperaturmessungen von Ellis (1749) und Reinhold Forster eine lange Reihe unsichrer Temperaturen gemessen worden waren, welche die Ansicht einer Tiefenschicht von konstant 4,2° bei 600 Faden begünstigte. Horner benutzte auf der Krusensternschen Reise ein selbstregistrierendes Thermometer, in größerer Ausdehnung that dies Sabine bei seinen großen Pendeluntersuchungen 1821—23, die an Grönlands Ostküste in 74° 30′ nördl. Breite endigten. Erst Carpenters Expeditionen von 1868 und 1869 beseitigten die falschen Annahmen und bestätigten die Lentzschen Ergebnisse.

Während das Streben nach der nordöstlichen Durchfahrt an der Karasee Halt machen mußte, die K. E. von Baer einen „Eiskeller" genannt hat, und die auch bis auf den heutigen Tag das größte Hindernis des oft versuchten unmittelbaren Seeverkehres zwischen der europäischen und sibirischen Eismeerküste geblieben ist, vermochten die nach der nordwestlichen Durchfahrt ausgesandten Schiffe auf der amerikanischen Seite tiefer einzudringen. Zunächst handelte es sich hier um die Wiederentdeckung Grönlands. Frobisher ging 1577 an der Westküste polwärts, erkannte dann auf zwei weitern Reisen Teile von Labrador und Baffinsland und den Eingang in die Hudsonstraße. Seine Ergebnisse haben darunter leiden müssen, daß er von der falschen Voraussetzung ausging, Grönland sei ein unbekanntes Land. Davis erreichte nach ihm die Davisstraße, Hudson ging durch die Hudsonstraße in die gleichnamige Bai, und Baffin gelangte 1616 in die Baffinsbai. Die Versuche von dieser Seite her wurden dann ebenfalls aufgegeben, abgesehen von kleinen Anläufen, von der Hudsonsbai aus durch vermeintliche Sunde

nach Westen vorzudringen, und von jenen Tastungen an der Nordwestküste, die endlich zur schon erwähnten Feststellung der mächtigen Ausdehnung Nordamerikas nach Nordwesten führten. Die größte Leistung war hier die ebenfalls schon genannte Erreichung der Mündung des Athabascaflusses vom Lande her durch Mackenzie (1789): das erste Vordringen zu Lande in so hohe nördliche Breiten Amerikas.

Das Jahr 1818 bezeichnet den Wiederbeginn der arktischen Unternehmungen. Der noch unerstrittene Preis der englischen Regierung auf die Entdeckung der nordwestlichen Durchfahrt trieb die Seeleute an, und die Admiralität selbst ermutigte die Unternehmungen. Das seit Friedrich Martens (1675) bedeutendste und gründlichste Werk über die arktischen Meere, William Scoresbys „Voyage to the Northern Whale Fishery“ (1823), steigerte das Interesse für die Nordpolarreisen und eröffnete die Aussicht auf das Erreichen des Poles mit Schlitten. Die erste Reise von John Roß 1818 verlief ohne großes Ergebnis. Aber schon 1819 ging Parry durch den Lancaster-Sund und zerstörte die Ansicht von der Geschlossenheit der Baffinsbai und dem kontinentalen Zusammenhang Grönlands mit Nordamerika. 1827 war Spitzbergen sein nächstes Ziel, da er überzeugt war, daß nördlich von diesem Archipel sich „eine zusammenhängende ebene Fläche ungebrochenen Eises, nur vom Horizont begrenzt“, ausdehne. Deshalb ging er mit Bootschlitten und Renntieren nach Norden, kam aber auf treibendem Eis nur bis 82° 45′, dem nördlichsten Punkte, der bisher erreicht worden war; bis 1874 ist dieser nicht überschritten worden. 1829 entdeckte John Roß die Halbinsel Boothia Felix, den nördlichsten Teil von Nordamerika, 1830 den magnetischen Nordpol. Die vier im Eis verbrachten Winter ergaben außerdem eine Fülle von Beobachtungen, die besonders für die Kenntnis des Klimas und der Küstenverhältnisse der Polarländer von Wert sind. 1845 drang John Franklin, den wir als Erforscher des arktischen Nordamerika kennen gelernt haben, in dieselben Gebiete ein, verlor seine Schiffe und ging elend zu Grunde (gestorben 1847), ebenso seine ganze Mannschaft. Aus der langen Reihe von Aufsuchungsexpeditionen, die von 1848—59 ausgerüstet worden sind, ragt die von Mac Clure (1850—54) hervor, der es gelang, von der Beringstraße bis zur Melville-Insel durchzudringen. Eine nordwestliche Durchfahrt war damit nachgewiesen, aber zugleich ihre praktische Wertlosigkeit. An der Westküste Grönlands drangen verschiedene Expeditionen nordwärts, bis Markham 1875 eine nördliche Breite von 83° 20′, Lockwood 83° 24′ erreichte. An der Ostküste ging die Forschung lange nicht über das äußerste Ziel der deutschen Expeditionen von 1869/70 unter Koldewey und Payer hinaus, bis Peary von Westen her die Ostküste bei 81° erreichte. Grönland als Insel und das offene Polarmeer als Phantom nachgewiesen zu haben, ist wesentlich das Werk dieser Expeditionen. Um die eingehendere Erforschung der südlicheren Teile der ostgrönländischen Küste haben sich die Dänen große Verdienste erworben.

Seitdem beschränkte und flüchtige Beobachtungen an der Westküste Grönlands die Hypothese eines offenen Polarmeeres ins Leben gerufen hatten, die in den fünfziger und sechziger Jahren von Petermann fast fanatisch vertreten, durch die Fortpflanzung des Golfstromes in das Polarbecken plausibel gemacht und noch 1872 von Weyprecht geglaubt wurde, ging man überall mit neuen Hoffnungen in das Polareis hinein, hoffend, jenseits des Eisgürtels nicht bloß „Wacken“ (offene Stellen), sondern blaue Meere zu finden. Spitzbergen wurde seit den drei schwedischen Expeditionen unter Torell und Nordenskiöld (1858—68) das Ziel häufiger Expeditionen, auch einer ersten deutschen unter Koldewey 1869. Seit diesem Jahre wurde auch der Weg durch die Karasee öfters zurückgelegt, und man fing nach fast 300 Jahren von neuem

an, die nordöstliche Durchfahrt für möglich zu halten. Von ihr wurde zwar die österreichische Expedition unter Payer und Weyprecht (1872—74) abgelenkt und im Eis nach Franz-Josephsland getrieben, einem neuen Polararchipel, der bis 82° erforscht wurde; aber Nordenskiöld gelang es 1878—79, um Eurasien herum, mit einer Überwinterung am Nordrande der Tschuktschenhalbinsel vom Atlantischen in den Stillen Ozean zu fahren. Mercator schon empfahl in einem Schreiben an Richard Hackluyt von 1580, den Polarweg nach China nicht in westlicher, sondern in östlicher Richtung zu suchen. Genau 300 Jahre später hat durch Nordenskiölds glückliche Nordostfahrt dieser Rat Bewährung gefunden. Weyprecht schlug, zurückgekehrt, ein System gleichzeitiger Beobachtungen auf Stationen rings um den Pol vor, die 1882 eingerichtet wurden und schätzbares Material an meteorologischen und magnetischen Beobachtungen ergeben haben. Man konnte sich aber nicht über die großen Lücken täuschen, die in der geographischen Kenntnis der Polargebiete noch bestanden. Die Überzeugung, daß noch nicht alle Mittel der Technik und der Wissenschaft erschöpft seien, die ein Gelingen gewährleisten konnten, hat der Erfolg bestätigt. Nansen hat 1888 das bisher nur am Rande beschrittene Inlandeis Grönlands gequert und damit eine neue Welt erschlossen, die uns zum erstenmal die Eisdecken der Glazialzeit körperlich greifbar vor Augen führt. Nach ihm ist Peary viel weiter im Norden durch Grönland gegangen und hat Ostgrönlands Küste bei 81° 37′ erreicht. Da Lockwood (1882) einen nördlichsten Punkt Grönlands von 83° 24′ an nordostwärts zurückfallender Küste erreicht hatte, ist nun die Inselnatur Grönlands nahezu nachgewiesen. Die schon lange bekannte und durch die unglückliche Drift des amerikanischen Schiffes „Jeannette“ (1879—82) mehr hervorgetretene Westströmung im Sibirischen Eismeer veranlaßte Nansen, sich bei den Neusibirischen Inseln dieser Strömung anzuvertrauen, und er, Schiff und Mannschaft sind nach Erreichung eines nördlichsten Punktes in 86° 13,6′ und mit dem unerwarteten Nachweis eines polwärts tiefer werdenden Eismeeres heimgekehrt (1893—96). 1900 ist Cagni von der Expedition des Herzogs der Abruzzen in demselben Teile des Nördlichen Eismeeres bis 86° 33′ 49″ vorgedrungen. Unter den kleinern Ergebnissen nennen wir besonders Von Tolls Untersuchungen (1893) über das sibirische Bodeneis, die ebenso wie die neuen Erkenntnisse über das grönländische Inlandeis von besonderem Werte für die Vorstellungen ausgedehnter vorzeitlicher Vereisungen sind.

Als Cook auf seiner zweiten Reise 1772 bis 71° 10′ gekommen war, kehrte er in der stolzen Meinung um, niemand werde jemals südpolwärts weiterkommen. Aber schon 1820 näherte sich von Bellinghausen dieser Schranke, als er bei 69° 30′ südl. Breite Alexanderland entdeckte, und Weddell ist 1822 bis 74° 15′ südl. Breite vorgedrungen. James C. Roß hat 1842 den fernsten bis heute erreichten Südpunkt an der Küste von Viktorialand berührt, 78° 10′. Nach langer Pause ist erst wieder 1894 in denselben Gewässern die Breite von 74° erreicht worden; 1898/99 hat eine belgische Südpolarexpedition die erste Überwinterung im Packeis des Südlichen Eismeeres durchgemacht, und 1900 ist durch Borchgrevink auf dem antarktischen Inlandeis in einer Breite von 78° 50′ der fernste Roßsche Punkt um einige Minuten überschritten worden. Eine ganze Anzahl von kleineren Vorstößen und Auskundungen bereiten den Boden für die großen Südpolarexpeditionen, die für die ersten Jahre des neuen Jahrhunderts ausgerüstet werden. Noch mehr als die Nordpolarexpeditionen versprechen sie durch den absoluten Mangel politischer Zwecke in Planung und Ausführung rein wissenschaftliche Unternehmungen zu werden, wie denn seit dem Verzicht auf die nordwestliche und nordöstliche Durchfahrt die geographische Entdeckungsarbeit in beiden Polargebieten den ausgesprochensten wissenschaftlichen Charakter trägt.

Die Geschichte der Erforschung Europas ist großenteils zugleich die Geschichte der geographischen Wissenschaft, die bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts nur auf dem europäischen Boden ihre Hochschulen, Akademien, Sammlungen und Werkstätten hatte und jeden Gedanken immer zuerst an europäischen Erscheinungen prüfte. Daher die ausgezeichnete Stellung der Alpen in der Morphologie der Erde, des Ätna und des Vesuvs in der Vulkanologie, Italiens in der Erdbebenforschung, Skandinaviens in der Lehre von den Bodenschwankungen, wiederum der Alpen und der skandinavischen Gebirge in der Gletscherkunde, des Genfer und Bodensees in der Seenkunde. Wir haben deshalb einen großen Teil der wissenschaftlichen Arbeit über die Geographie von Europa schon auf den vorangehenden Seiten behandelt. Monographien zur Kunde Europas gehören daher vielfach zu den Grundwerken unsrer Wissenschaft überhaupt. Um nur einige hervorragendste zu nennen, verweisen wir auf Sartorius von Waltershausens Werk über den Ätna (1848), auf J. Roths „Vesuv" (1857), auf die Monographien von K. von Fritsch, Reiß und Stübel über Santorin (1867); Dolomieu, „Sur le tremblement de terre de la Calabre" (1783); O. Volger, „Untersuchungen über das Phänomen der Erdbeben in der Schweiz" (1855); E. Sueß, „Entstehung der Alpen" (1875); A. Heim, „Der Mechanismus der Gebirgsbildung" (1878); Simonys Dachsteinwerk (1889); Baltzers Glärnisch (1873); Geikie, „The Great Ice Age" (1873); A. Penck, „Vergletscherung der Deutschen Alpen" (1882); J. Partsch, „Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den deutschen Mittelgebirgen" (1882); Agassiz, „Système Glaciaire" (1847); Forbes, „Travels through the Glaciers of Savoy" (1843); Forel, „Le Lac Leman" (1892); A. Geistbeck, „Die Seen der deutschen Alpen" (1886); W. Ule, „Der Würmsee" (1901); Honsells Studien über den Rheinstrom (1885); Wahlenberg, „Bericht über Messungen in den lappländischen Alpen" (deutsch 1812); L. von Buch, „Reise in Norwegen und Lappland" (1810); Scharff, „The History of the European Fauna" (1899); Nehring, „Über Tundren und Steppen der Jetzt- und Vorzeit" (1890); Deniker, „Les Races Européennes" (1898).

Erst seit einigen Jahrzehnten sind einige außereuropäische Gebiete, wie Nordamerika und Japan, in manchen Beziehungen an die Seite Europas getreten. Aber noch immer bildet der Boden Europas, einschließlich seiner Bewohner, den bevorzugten Gegenstand geographischer Untersuchung. Indem diese auf dem engen Raum oft zu derselben Aufgabe zurückkehrte, läuterte sie sich selbst und ihre Mittel und Werkzeuge. Was schon erkannt zu sein schien, wird neuerdings zur Aufgabe, und die Ziele erhöhen sich, indem die Methoden sich vervollkommnen.

——— ———

I. Die Erde und ihre Umwelt.

Inhalt: Die Erde im Weltraum. — Die Größe des Weltraumes. — Die Sternenwelt. — Das Körperliche des Weltraumes. — Die Meteoriten. — Die Sonne. — Die Planeten. — Der Mond. — Die Welt und unser Geist. — Die Kant-Laplacesche Auffassung der Entwickelung des Sonnensystems. — Die planetarischen Eigenschaften der Erde. Die Größe der Erde. — Kugel, Sphäroid, Geoid. — Die Wirkungen der Erdgestalt. — Pole, Äquator und Ablenkungen. Die Ortsbestimmung. — Das Gewicht der Erde. — Die Verteilung verschieden schwerer Massen in der Erde. — Die Temperatur des Erdinneren. — Was wissen wir von der Natur des Erdinneren?

Die Erde im Weltraum.

Johann Gottfried Herder beginnt das erste Buch seiner unsterblichen „Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit“, das die Überschrift trägt: „Die Erde ist ein Stern unter Sternen“, mit den Worten: „Vom Himmel muß unsere Philosophie der Geschichte des menschlichen Geschlechtes anfangen, wenn sie einigermaßen diesen Namen verdienen soll. Denn da unser Wohnplatz, die Erde, nichts durch sich selbst ist, sondern von himmlischen, durch unser ganzes Weltall sich erstreckenden Kräften ihre Beschaffenheit und Gestalt, ihr Vermögen zur Organisation und Erhaltung der Geschöpfe empfängt: so muß man sie zuvörderst nicht allein und einsam, sondern im Chor der Welten betrachten, unter die sie gesetzt ist.“ Herder hat in diesem Satze keine Entdeckung verkündet, sondern ein uraltes Gefühl neu belebt. An greifbare Zusammenhänge zwischen der Erde und andern Weltkörpern haben die Menschen ja immer geglaubt. Tiefe Beziehungen zwischen der außerirdischen Welt und dem menschlichen Geiste walten in den ältesten Mythen, denen Sonne und Mond schöpfungskräftige Götter sind, und in den ersten Anfängen der Wissenschaft. Aus der Umarmung des Himmels und der Erde entstand dem mythischen Denken und Dichten polynesischer Priester das Leben.

Aber als Herder jene Worte schrieb, hatte man von Zeugnissen und Beweisen stofflichen Zusammenhanges, wie sie uns in ungeahnter Fülle geworden sind, noch keine Ahnung. Im Jahre 1785 wußte man noch nicht, daß die Meteoriten aus dem Weltraume hereinstürzen; das hat erst 1794 Chladni in seiner Schrift über das Pallassche Meteoreisen bewiesen. Noch nicht einmal die Fraunhoferschen Linien waren bekannt, aus denen man seit 1859 die Zusammensetzung aller mit eignem Licht leuchtenden Weltkörper herausliest. Wohl hatten Kant und Laplace eine Grundverwandtschaft aller Körper des Sonnensystems angenommen, die auf ihrer Entstehung aus einem Urnebel beruhen sollte. Aber die Stützen ihrer Hypothese waren doch

nur kühne Vermutungen. Heute greifen wir Stoffe mit Händen, die aus dem Weltraum auf die Erde stürzen, erkennen die stoffliche Übereinstimmung der Erde mit der Sonne und der Sonne mit andern Sonnen, fernsten Fixsternen. Und während noch für A. von Humboldt kosmische Ursachen der Temperaturabnahme, der Wasserverminderung und der Epidemien „ganz außerhalb des Bereiches unserer wirklichen Erfahrung" lagen, sehen wir eine ganze Reihe von Erscheinungen der Erde an Vorgänge auf der Sonne geknüpft, vom Erdmagnetismus und den Nordlichtern an bis zu den kühlen Sommern, die in unserem Klima Mißwachs bringen, Vorstöße der Gletscher und den Hochstand der Seen bewirken.

Wenn wir nun also nach einem Überblick der kosmischen Umgebung der Erde streben, der Umwelt der Erde, der Gegend des Weltraumes, in der die Erde ihre Stelle hat, so leitet uns nicht das übrigens wohl zu verstehende und durchaus nicht gering zu schätzende Streben, für unsre Betrachtung der Erde gleichsam einen Hintergrund zu gewinnen, weil wir ihr Bild nicht ins Leere werfen können. Dieses im tiefsten Grunde ästhetische Zurückschrecken vor dem Leeren und Beziehungslosen wird ganz aufgenommen in unser Bestreben, das Leben der Erde als eine Welle in dem Strome der Entwickelung des Weltalls zu erfassen. Diese Entwickelung ist nicht etwas, das jetzt entsteht und dann wieder aufhört; wir können sie uns vielmehr nur als ein fortdauerndes Werden und Vergehen vorstellen, als ein beständiges Fließen von Welle über Welle. Damit ist aber für das Heute der Erde, für unsern Tag, ebensogut die Zusammengehörigkeit mit der ganzen Welt verlangt, wie für das Gestern und Morgen. Es ist, mit andern Worten, notwendig, nicht nur das Werden der Erde als ein Stückchen Geschichte des Weltalls, wie klein auch immer, zu betrachten, sondern auch den jeweiligen Zustand, der uns das Bild der Ruhe vorspiegelt, können wir nur im Zusammenhang, Zusammenwirken und Zusammenleiden mit dem ganzen Weltall verstehen.

Für Freunde der Geographie liegt daher der Nutzen des Ausblickes ins Weltall hauptsächlich auf der erdgeschichtlichen Seite. Es ist das Bedeutendste an diesem Blick, daß er Ungleichzeitiges umfaßt. Ich muß mich mit dem Gestern des Erdballs beschäftigen, um das Heute der Erde zu verstehen. Und dieses Gestern führt mich in das Weltall hinaus. Nehme ich ein Handbuch der Geologie vor, in dem von der Geschichte der Erde in einer Weise die Rede ist, als ob außer diesem verhältnismäßig so kleinen Körper gar kein andrer im Weltall sei, als ob die Erde im leeren Raume dahingehe, so scheint es, als seien die Folgerungen des Kopernikanischen Weltsystems noch lange nicht voll ausgezogen. Unser geistiges Auge muß sich an die kosmische Perspektive auch in tellurischen Fragen gewöhnen. Das Beste an der Erde gehört der Sonne: das Leben im Licht und in der Wärme. Doch auch die Erdoberfläche trägt selbst in ihren Formen die Züge einer „sonnenhaften" Natur. Licht und Wärme strömen uns aber nur auf Wegen zu, die durch den Weltraum führen. Damit wird vom Äther und von der sonstigen stofflichen Erfüllung dieses Raumes die Erde abhängig.

Der Äther, Vermittler aller Kräfte und als solcher durch das ganze Weltall hin verbreitet, ist unsern Sinnen unzugänglich, ebenso Atome, die man als kleine, selbständige Bausteine der Materie auffaßt. Wir können aber auf ihre Natur einige Schlüsse ziehen aus den chemischen und physikalischen Vorgängen, die uns widerstandsfähige, gegeneinander undurchdringliche Körper von verschiedener Größe und Gestalt erraten lassen. Der Physik und Chemie muß es überlassen bleiben, das Verhältnis zwischen Äther und Atomen zu bestimmen. Vielleicht gelingt es ihnen, die Auffassung zu begründen, daß die Atome Zentren im Äther sind, von denen Erregungen ausgehen, und in die der Äther Erregungen hineinträgt, so daß vielleicht das Bild erlaubt wäre: die Materie besteht aus Wirbeln in dem die Welt erfüllenden Äther, im Vergleich zu dem sie selbst nur eine verschwindende Erscheinung ist.

Die Größe des Weltraumes.

Haben wir uns mit den Größenverhältnissen des Raumes bekannt gemacht, den unsre Sinne umspannen, und versuchen es dann, zu diesen Größenverhältnissen die Erde in Beziehung zu setzen, so mag es unsrem geistigen Blick ergehen, wie dem Auge, das den Adler zu erblicken sucht, der über uns im Raum verloren schwebt. Wir erkennen ihn wohl, wenn wir ihn einmal wahrgenommen haben, aber unsrem Auge entschwebt er wieder, sowie es sich wegwendet. So verliert sich die Erde in der Weite des Weltraumes.

Wir fassen diesen als den ganzen Raum, durch den hin die Sterne verteilt sind, deren jeder wieder eine Sonne ist. Und um diese Sonnen drehen sich alle jene Arten von nichtleuchtenden Körpern, die wir im Sonnensystem kennen, und vielleicht noch viele andre.

So wie das Sonnensystem eine Insel im Weltraume ist, so ist auch weiterhin die Materie ungleich im Raume verteilt, und so bildet die ganze Sternenwelt, die in der Milchstraße verdichtet ist, wieder eine Weltinsel, die wir Milchstraßensystem nennen mögen. In ähnlicher Weise wie unser Sonnensystem auf Sterne in den Bildern der Leier und des Herkules gerichtet ist, auf die hin es sich mit der Geschwindigkeit von 10—15 km in der Stunde bewegt, mag das ganze Milchstraßensystem seinen Ort „gegen unbekannte, sozusagen absolute Festpunkte und Richtungen ändern" (Förster). Damit sind jenseits dieses Weltraumes noch größere Welträume vorausgesetzt, also jenseits von Schranken, die wir unserem Denken überhaupt und für immer gezogen glaubten.

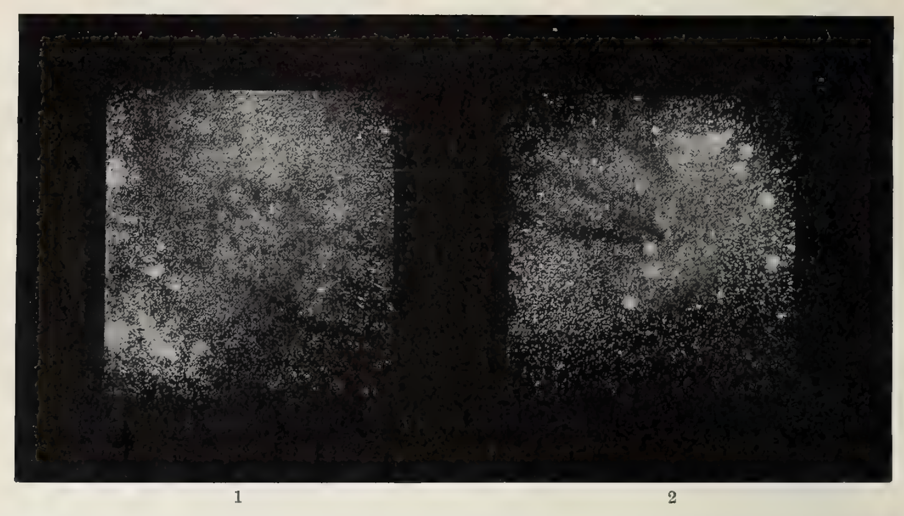
Da wir uns nun in der Geographie nicht allein mit dem Ganzen dieses kleinen Teiles, sondern vielmehr, und zwar viel öfter, mit Teilen des Teils zu beschäftigen haben, so leuchtet es ein, daß wir unsern Blick gewaltig beschränken und verengern müssen, wenn wir uns in die Gegenstände der geographischen Studien versenken. Nicht minder leuchtet aber die Notwendigkeit ein, bei dieser Beschränkung der wirklichen Weite der Welt nicht zu vergessen.

Seitdem die Astronomie die enge, um die Erde sich drehende Kristallsphäre der Pythagoreer verlassen hat, sind die Grenzen des Weltalls immer weiter hinausgeschoben worden, und die Erde ist infolgedessen immer kleiner geworden. Der Himmel wurde der Erde noch sehr nahe geachtet, als Hephästos erzählte, daß sein Sturz aus dem Olymp auf die Erde von früh bis nach Sonnenuntergang gedauert habe, doch kam diese Zeit den Griechen sicherlich ungeheuer lang vor. Wir aber nehmen an, daß das Licht der Sterne sechzehnter Größe 16,000 Jahre braucht, um zu uns zu gelangen. Und wer möchte glauben, mit dieser Jahrtausendreihe auch nur eine Vorstellung von der wirklichen Größe des Universums gewonnen zu haben, nur ein unendlich kleines Teilchen eines Raumes, den wir mit keinem Mittel mehr erreichen können? Was wir Weltraum nennen, ist, wie die Entfernung fast aller Sterne, praktisch unausmeßbar. Der Radius der Erdbahn, der 150 Millionen Kilometer mißt, verschwindet vor den Entfernungen, um die es sich bei der Fixsternenwelt handelt. Nur die Bewegung des ganzen Sonnensystemes kann einen Maßstab für diese gewaltigen Entfernungen liefern. Nicht bloß unsre Sinne sind ohnmächtig, auch unsre Sprache genügt nicht gegenüber diesen Ausdehnungen. Unendlich ist nur ein negatives Wort, und Weltall eine unbegründete Voraussetzung, die man sogar unbescheiden nennen möchte.

Die Sternenwelt.

Das Sonnensystem ist eine kleine Insel im Weltraum. Die Sterne, die uns als Lichtpunkte im Fernrohr erscheinen, sind Mittelpunkte von ähnlichen Systemen, die Ströme von

Wärme und Licht über ihre Umgebung ergießen. Diese andern Sonnen sind viel zu weit, um einen merklichen Einfluß auf unser Sonnensystem ausüben zu können. Trotz ihrer Menge kommt ihre Wärme und ihre Anziehung praktisch für die Erde nicht in Betracht. Ihr Licht aber sehen wir, und es wirkt nicht nur auf unsre Netzhaut, sondern auch auf die photographische Platte. In seine Farben zerlegt, erzählt es uns von Sternen, die mit weißem Lichte heller als unsre Sonne glühen, von gelben Sternen, die unsrer Sonne zu vergleichen sind, und von weiter abgekühlten roten. Daß es dunkle, also erloschene Sterne geben muß, folgt aus dieser Entwickelungsreihe; sie nachzuweisen, gelingt nur in seltnen Fällen. Dagegen dürfen wir aus der überwiegenden Zahl der weißen Sterne den Schluß ziehen, daß die Stufe der Weißglut von viel längerer Dauer sei als die des gelben und roten Leuchtens. Es gibt Veränderungen



1 2

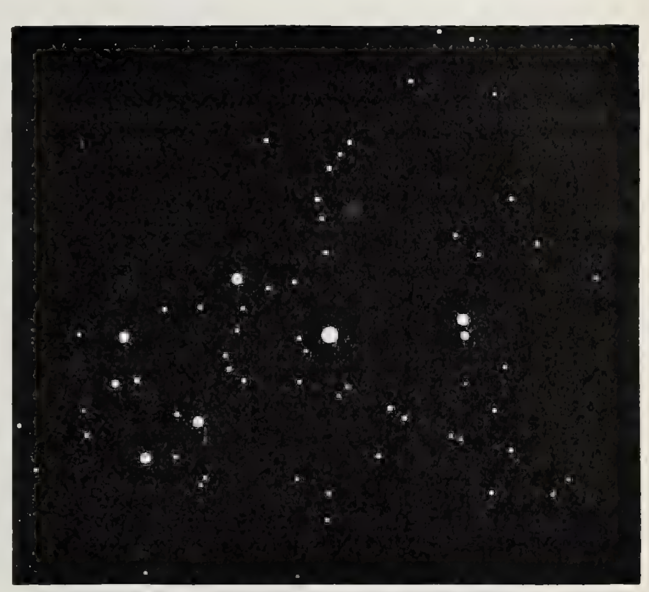
Photographien verschiedener Teile der Milchstraße. Aufgenommen 1895 von E. E. Barnard, Lick-Sternwarte, mit 1½zölliger Linse. 1) Zwischen Trifid-Nebel und ϑ Ophiuchi (Rektaszension 17 h 40 m, Deklination —19°, 19. Juni 1895). 2) Bei Antares (Rektaszension 16 h 20 m, Deklination —23°, 30. März 1895).

in der Leuchtkraft der Sterne, die von dunkeln Flecken auf ihrer Oberfläche, den Sonnenflecken vergleichbar, von der Bedeckung durch dunkle Nachbarsterne und vielleicht auch durch Meteoritenschwärme herrühren. Man sieht auch Sterne aufleuchten und nach wenigen Monaten wieder ins Dunkel zurücksinken, was vielleicht auf vulkanische Erscheinungen größten Maßstabes zurückzuführen ist. Wir erkennen Eigenbewegungen der Sterne, zum Teil von gewaltigem Betrage, Bewegungen, die größeren Sternengruppen gemeinsam sind, und endlich eine vorherrschende Bewegung einer großen Anzahl von Sternen, die auch unser Sonnensystem teilt.

Nichts aber sehen wir von einer Bewegung in streng geordneten Bahnen, die vergleichbar den Planetenbahnen wären, nichts von ihrer hohen Regelmäßigkeit. Der große Gedanke der Zentralsonne ist aufzugeben, nicht weil er zu groß, sondern zu klein ist. Wir übersehen einen zu kleinen Teil der Sternenwelt, um ihr ganzes Gesetz zu verstehen. Die Hunderte von Millionen Sterne, die wir durch die Fernrohre noch wahrnehmen können (vgl. die obenstehende Abbildung), sind über einen Raum verbreitet, den wir nach seinem Inhalt uns nicht vorstellen können. Genüge es, hervorzuheben, daß helle Sterne durch 200,000 Sonnenweiten von uns getrennt sind; die Sonnenweite aber beträgt 150 Millionen Kilometer. Das Licht braucht drei Jahre,

um diese Entfernung zu durchmessen. Was wir nun an Sternen erblicken, bildet aber wiederum nur eine dichtere Gruppe in einem sternenärmeren Raume.

Schon Kant hatte unser ganzes Planetensystem als das Glied eines größeren Systems betrachtet, das in ähnlicher Weise um eine ferne Zentralsonne kreist, wie unsre Planeten um ihre Sonne sich drehen. Heute wissen wir ganz sicher, daß sich unser ganzes Sonnensystem auf einen Punkt im Sternbilde des Herkules hinbewegt, jedoch können wir in dieser Bewegung bis jetzt noch keinen Teil einer in sich zurücklaufenden Bahn sehen. Ebenso teilt heute alle Welt Kants Ansicht, daß unser System mit zahllosen Sternen, andern Systemen, in einer und derselben Ebene liege, in deren horizontale größere Achse wir im scheinbaren Ring der Milchstraße hineinblicken.


Die Plejaden, in schwach vergrößernden Fernrohren gesehen.

Lehrreich für das Verständnis der Sternenwelt sind vor allem die Doppelsterne und die ihnen verwandten Sterngruppen geworden, von denen man allmählich viele Tausende entdeckt hat. Nicht alle umkreisen einander in regelmäßigen Bahnen; es gibt Doppelsterne, von denen der eine bedeutend dunkler ist als der andere, und Doppelsterne, die sich um einen gemeinsamen unsichtbaren Mittelpunkt drehen, dessen Lage wir bestimmen können, weil wir die Bewegungen messen, die das Sternenpaar um ihn vollbringt. Und mit Genugthuung, wenn auch ohne Überraschung, verzeichnen wir die Geltung des Gravitationsgesetzes so weit jenseits von unsrem Sonnensystem.

In der unregelmäßigen Verteilung der Materie im Weltraume liegt etwas Unvollkommenes im Vergleich zu der Ballung zu Kugeln oder Rotationssphäroiden der Planeten, oder der Anordnung der Trabanten in Ringe oder auf Ebenen von kreisförmiger Gestalt. In diesen Gestalten unsres Sonnensystems liegt klar zu überschauen der Ausdruck des Gesetzes der Anziehung: es sind gesetzmäßige Bildungen. Die Gesetzmäßigkeit scheint aber aufzuhören, sobald wir über unser Sonnensystem hinausgehen und die Masse der Sonnensysteme vergleichend überschauen. Die Gruppierung der Sonnen, die wir Fixsterne nennen, zeigt nichts davon. Die Sternbilder, in die wir sie zusammenfügen und sondern, machen den Eindruck des Zufälligen. Sie sind oft von großer Bedeutung für das Leben des Menschen, wie die Plejaden (s. die obenstehende Abbildung), die über die Welt hin Leitsterne der Schiffer und Jahreszeitensterne der Ackerbauer sind; aber ihre Gruppierung beruht auf keiner gesetzmäßigen Anordnung. Die Gestalt der Milchstraße würde uns auch dann als eine höchst unregelmäßige erscheinen, wenn wir uns außer ihr befänden und sie als geschlossenen Ring erblickten. Dagegen herrscht im Inneren der Fixsternsonnensysteme, wie die Doppelsterne zeigen, dieselbe Gesetzmäßigkeit wie in unserem.

Das sind also Gesetzmäßigkeiten, die nur für engere Räume gelten; daher muten sie uns wie etwas Verwandtes freundlich an.

Das Körperliche des Weltraumes.

Ein großer Teil der Geschichte der neueren Astronomie liegt in dem Nachweis immer zahlreicherer Körper in dem früher für leer gehaltenen Raume. Seitdem Galilei, das Fernrohr in die Sternkunde einführend, die Jupitermonde und die Trabanten des Saturn entdeckt, die Milchstraße in Sterne aufgelöst hat, sind zwei große äußere Planeten, Uranus und Neptun, eine Reihe von Monden und dazu weit über 300 kleine Planeten, es ist die siderische Natur der Meteoriten, ihr Zusammenhang mit den Sternschnuppen, und eine ganze Menge von Kometen aufgefunden worden.

Die Verzögerung der Umlaufszeit des in 1200 Tagen wiederkehrenden Enkeschen Kometen deutet mit großer Wahrscheinlichkeit auf ein unsichtbares, aber körperliches Medium, welches diesen Umlauf hemmt. Daß in dieses Medium sogar irdische Bestandteile übergehen, daß also eine Art von Austausch zwischen unsrem Planeten und jenen fernen Sphären stattfindet, hat der bekannte Ausbruch des Inselvulkanes Krakatoa im Jahre 1883 gezeigt, dessen hinaufgeschleuderter Staub zuerst in 40 km Höhe die wundervollen Dämmerungserscheinungen hervorrief, um dann in größeren Höhen die „leuchtenden Wolken“ zu bilden, die man seit einigen Jahren 80 km von der Erde entfernt beobachtet. Man kann sie nicht anders denn als feinste, in der Sonne leuchtende Staubmassen deuten, deren eigentümlicher Ortswechsel bei konstanter Höhe bereits zu Schlüssen auf die Höhenzone geführt hat, in der diese Staubmassen der Anziehung der Erde entrückt sind.

In ähnlicher Höhe müssen Millionen von Sternschnuppen verbrennen, d. h. sich auflösen; und auch die Kometen, die so häufig eingreifende Gestalt- und Größenveränderungen erfahren, sind nichts als kompaktere Massen von Meteorkörpern. Den Saturnring selbst deutet man als einen ringförmigen Meteoritenschwarm. Kosmische Nebel waren schon vor der Epoche der Spektralanalyse als Haufen von Meteoriten bezeichnet worden, die durch Zusammensturz erhitzt seien. Man fuhr aber noch lange fort, sie als glühende Gase anzusehen, bis ihr Spektrum die Linien von permanenten Gasen und kühlen Metalldämpfen zeigte. Es ist ein Spektrum, ähnlich dem, das man erhält, wenn man Meteoriten oder andre Mineralien so weit erhitzt, daß sie eingeschlossene permanente Gase abgeben.

Wenn man endlich erwägt, daß auf der Sonne Ausschleuderungsvorgänge, neben welchen der auf Krakatoa verschwindet, beständig in größtem Maßstabe sich vollziehen, so wird uns die „Himmelsluft“ jener Höhen immer mehr zu einer stofferfüllten, zu deren Zeugnissen, als Widerschein des Sonnenlichtes auf fein zerteilter Materie, neben den „leuchtenden Wolken“ vielleicht auch noch das rätselhafte Zodiakallicht zu rechnen wäre (s. die beigeheftete Tafel „Zodiakallicht am Abendhimmel“), jenes helle, milde Licht, das milchstraßenähnlich, pyramidal von der Stelle der untergegangenen Sonne aus sich zenithwärts oft bis zu den Plejaden erstreckt und in klaren Tropennächten einen leisen Gegenschein am Osthimmel hervorruft.

In betreff der meteoritischen Natur der Kometen scheint nahezu Übereinstimmung erzielt zu sein. Die Identität der Bahnen von Feuerkugeln und Meteoriten ist schon früher erkannt worden. Die Dämmerungserscheinungen und „die silbernen Wolken“, die dem Krakatoaausbruch gefolgt sind, sind es eben, die weiter den Blick auf die Folgen der unberechenbar großartigeren Ausschleuderungsvorgänge auf der Sonne hingelenkt und die Auffassung des



ZODIAKALLICHT AM ABENDHIMMEL.

Nach *E. L. Trouvelot.*

Zodiakallichtes als des Widerscheines des Sonnenlichtes von zerteilten schwebenden Stoffen im Zusammenhange damit befestigt haben. Vielleicht kommt die Zeit, wo man sich erfolgreicher mit den Vorgängen beschäftigen wird, die zuletzt A. von Humboldt im dritten Bande des „Kosmos“ zusammenfassend behandelt hat: Nebelgebilde vor der Sonne, verfinsternde Wolken, Sonnenringe, unerklärliche Abnahme des Tageslichtes. Ohne die Deutung des den Weltraum erfüllenden Äthers auch nur zu berühren, können wir sagen: Die interplanetarischen Räume



Ein Meteorit vom Steinregen bei Stannern. Ein „ganzer“ Stein mit ausgezeichneten Schmelzwülsten.
a) Ansicht der Brust; b) Ansicht einer Seite.

erscheinen uns immer weniger leer, dieser Teil der Welt ist vielmehr ein reich und mannigfaltig stofferfülltes Gebiet.

Die Litteratur der Himmelsbeobachtungen umschließt eine Menge noch nicht ergründeter Erscheinungen, für welche die üblichen Kategorien Sonne, Planeten, Trabanten, Meteoriten und Wandelsterne keine Erklärung geben. Als es vor 100 Jahren sich darum handelte, den kosmischen Ursprung der Meteoriten nachzuweisen, wurden manche dieser rätselhaften Dinge aus dem Dunkel der Vergangenheit hervorgezogen. Man erinnerte sich jener merkwürdigen Nebelgebilde, die vor der Sonne erschienen waren, unerklärlicher Abnahme des Tageslichtes und Verfinsterungen. A. von Humboldt hat 17 besonders auffallende Thatsachen der letzteren Gattung im „Kosmos“ zusammengestellt. Einige scheinen mit Erdbeben zusammenzuhängen, andere auf Höhenrauch zurückzuführen, wiederum für andere scheinen die Dämmerungserscheinungen, besonders die Sonnenringe, welche wir im Zusammenhange mit mächtigen Vulkanausbrüchen wahrgenommen haben, die nächste Analogie zu bieten. Wer möchte indessen leugnen, daß Staub zermalmter Meteore in höheren Schichten der Atmosphäre sich durch Lichtaufsaugung bemerklich machen könnte?

Die Meteoriten.

Seit dem grauen Altertum weiß man, daß große oder kleine Metall- oder Steinmassen (s. die obenstehende Abbildung und die auf S. 74, 75, 76) aus dem Himmel auf die Erde fallen, bald einzeln, bald in solchen Mengen, daß man von Verfinsterungen der Sonne sprach und mit

allem Rechte von Meteorschauern spricht. Daß diese nicht etwa von der Erde ausgeschleuderte und auf sie zurückfallende vulkanische Bruchstücke seien, sondern dem Weltraum entstammen, hat man erst seit 100 Jahren wissenschaftlich anerkannt. 1794 erschien Chladnis Schrift „Über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ähnlichen Eisenmassen“. Von diesem Jahr erst datiert die wissenschaftliche Beobachtung der Meteoriten, der bald die Erkenntnis folgte, daß die leuchtenden Meteore und Feuerkugeln nichts andres seien als Meteoriten, die beim Eintritt in eine Atmosphäre von bestimmter Dichtigkeit zu glühen beginnen. Öfter ist



Ein Meteorit vom Steinregen bei Stannern. Dasselbe Exemplar wie auf S. 73. a) Ansicht des Rückens; b) Ansicht einer zweiten Seite. Vgl. Text, S. 73.

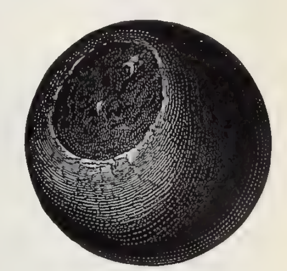
die Bahn der Feuerkugel beobachtet worden, die als Meteorstein fiel, und auch für Meteoriten sind bestimmte Ausstrahlungspunkte nachgewiesen. Später sind auch Sternschnuppen und Kometen in denselben Erscheinungskreis eingetreten.

Jetzt begreift man das Rätsel des Kometenkernes, der wie ein „vorüberziehendes kosmisches Gewölk“ erscheint: die Sternschnuppen und Feuerkugeln sind zum Teil gasförmig, zum Teil fest oder flüssig. Wir kennen auch die chemische Zusammensetzung der Meteoriten. Eine Gruppe ist vorwiegend metallisch und enthält besonders Eisen, Nickel, Kobalt: Meteoreisen; während eine andre, von mehr steiniger Natur, mit den Laven alter und neuer Vulkane verwandt ist: Meteorsteine; in ihnen kommen Verbindungen vor, die man auch an der Erde kennt, wie Magnetkies, Olivin, Quarz, Augit. Auch Kohlenstoff in Form von Graphit fehlt nicht, ebenso kommt Phosphor vor. Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure sind gleichfalls in Meteoriten gefunden worden.

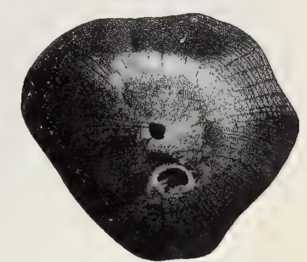
Es fällt nun eine Menge solcher Metall- und Gesteinsstücke nach der Erde hin; die große Mehrzahl aber wird in der Luft verbrannt, nur eine Minderzahl erreicht die Erde. Die Verbrennung jener beeinflußt durch Sauerstoffverbrauch die Atmosphäre; was aber aus den

Ergebnissen der Verbrennung wird, die in den meisten Fällen Oxydationsstufen des Eisens sein werden, ist unbekannt. Daß das Eisen einer der weitest verbreiteten Körper an unsrer Erdoberfläche ist, der weder am Meeresboden noch im Ackerboden, weder in unsrem Blute noch in der Pflanzenasche fehlt und vielleicht den schweren Kern des Planeten bildet, ist eine Thatsache, auf die im Zusammenhange damit hingewiesen werden muß.

Fast alle Meteoriten sind Bruchstücke. Selten kommen meteoritische Metallkügelchen vor, die ganz wie die Eiskügelchen, die manchmal bei ruhigem Frostwetter fallen, ein einziger Kristall bildet; sie sind durch Erstarrung eines Tropfens entstanden. Viele Eisenmeteoriten zeigen im Gefüge, daß sie Teile eines großen Kristallindividuums waren, das nur in langen Zeiträumen ruhiger Kristallisation sich ausbilden konnte; manche Meteorsteine zeigen Rutschflächen, die denen gleichen, welche in den Felsmassen der Erde auftreten, andre erinnern in ihrem Bau an Gesteinsbreccien. Ein andres derartiges Gestein ist zertrümmert und durch ein halbglasiges Magma wieder zusammengefügt worden. Man sieht hier Vorgänge, die sehr verschiedene Zustände in dem Körper voraussetzen, dem der Meteorstein entstammt. Endlich gibt es kleine Meteorsteine, die an die Bestandteile vulkanischer Tuffe so sehr erinnern, daß Haidinger sie meteorische Tuffe nannte: alles Erscheinungen, die an heftige Bewegungen im Inneren eines Planeten, dem sie vielleicht entsprungen sind, gegen die Oberfläche denken lassen. Es genügt hierfür nicht die übliche Annahme eines kleinen Planeten, von dessen Peripherie die sich entwickelnden Dämpfe Bruchstücke lossprengen und wegschleudern. Mußten auch kleinere Weltkörper durch raschere Abkühlung und durch die in Menge freiwerdenden Gase in kürzerer Zeit größere Veränderungen erfahren als eine Erde, so enthalten doch viele Meteoriten in ihrer Struktur Beweise für ein ruhiges, der Trennung vorausgehendes Verweilen in der Masse eines größeren Körpers.

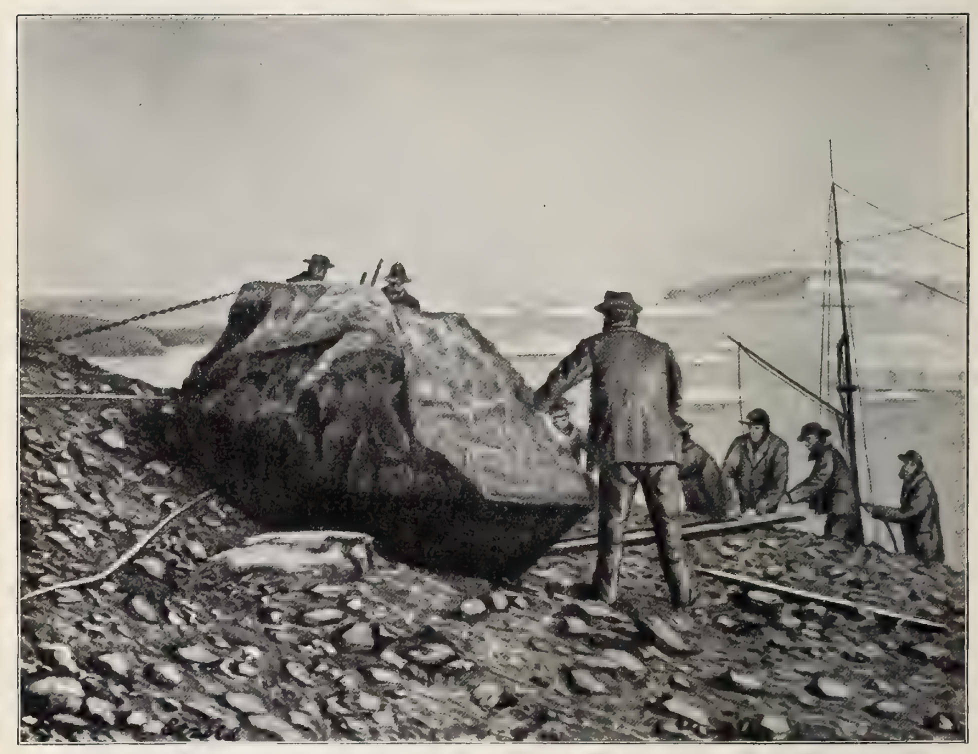

Meteoritenkugel mit Metallkern. Nach A. F. Renard. Vgl. Text, S. 76.

Häufigkeit und Masse der Meteoriten können nur abgeschätzt werden. Sie stürzen in die Meere, Seen, Flüsse, Sümpfe, Urwälder, die über Dreiviertel der Erde bedecken, und bleiben an deren Grunde fast ganz unsrer Beobachtung entzogen. Sie fallen in unbewohnten Gegenden nieder oder werden aus andern Gründen zufällig nicht wahrgenommen. Wir kennen also nur einen ganz geringen Teil dieser Massen, die von Zeit zu Zeit aus dem Weltraume zur Erde kommen und dauernd deren Masse bereichern. Die Richtigkeit der Schätzung des ganzen Meteoritenphänomens, zieht man nur die noch bis heute beobachteten in Betracht, kann man ermessen, wenn man ihr Volgers Liste der Erdbeben in der Schweiz gegenüberstellt, die vom 6. bis 8. Jahrhundert keins, dagegen 561 Erdbeben im 19. Jahrhundert bis einschließlich 1854 verzeichnet. Auf die kleinsten von ihnen, die als **Meteorstaub** bezeichnet werden können, ist man sogar erst seit kurzem aufmerksam geworden. Sie werden in der Regel auf dem Erdboden als Staub, der andrem Staube gleicht, unbesehen liegen bleiben, bis sie sich zersetzt haben und damit unkenntlich geworden sind. Nur wo sie auf Schnee fallen, kann man sie unter günstigen Umständen sehen. Neuerdings hat man sie im Schlamme gefunden, der den Meeresboden bedeckt. Sie treten hier als Kügelchen aus metallischem Eisen auf, manchmal mit


Ein Meteorit des Steinfalles von Pultusk. Vgl. Text, S. 73.

Zumischung von Nickel und Kobalt, von 0,2 mm und weniger Durchmesser, außen mit einem schwarzglänzenden Magneteisenüberzug. Diese Körperchen, die zuerst Murray und Renard als „kosmischen Staub" bezeichneten, finden sich am häufigsten im roten Thon des mittleren Stillen Ozeans und kommen nur ausnahmsweise in den vom Lande stammenden Ablagerungen der Küstenstriche vor. Es ist merkwürdig, daß man ähnliche Körperchen am Lande noch nicht gefunden hat. (S. die Abbildung, S. 75.)

Je nach der Zusammensetzung schwankt das spezifische Gewicht der Meteoriten zwischen 1,9 und 4,3. Die Abstufung wird begreiflich, wenn man sich erinnert, daß es Meteoriten mit



Der große Meteorit von Melville Bay in Nord-Grönland. Nach Peary.

96 Prozent Eisen gibt und andre, welche lockere Gefüge von Kristallen sind. Der größte Meteoreisenblock, den man kennt, der 1818 von John Roß bei Kap York in Grönland entdeckt wurde, ist 4 m lang, 1,3—2 m hoch und wiegt 80 Tonnen (s. die obenstehende Abbildung), ein andrer, in Durango, wiegt gegen 20 Tonnen. In der Regel sind die Meteorsteine klein, treten aber bisweilen in großer Zahl gleichzeitig auf; es liegen Zeugnisse von Meteoritenschauern vor, bei denen 1200 Steine fielen.

Faßt man alles zusammen, so ist durch das Fallen von Meteorsteinen ohne Zweifel eine Vergrößerung der Erde nach Ausdehnung und Gewicht sowie eine Veränderung ihrer Zusammensetzung eingetreten und tritt immer von neuem ein. Wenn die Masse der Erde wächst, so nimmt ihre Schwere zu. Wir würden also in früheren Epochen der Erdgeschichte mit einer geringeren Schwere zu thun haben, was eine Änderung des Grundverhältnisses aller Oberflächenerscheinungen zur Erde zur Folge haben müßte.

Auch in andrer Richtung ist die Reihe der zur Erde fallenden Stoffe aus dem Weltraume noch nicht abgeschlossen. Knollen einer sehr kieselsäurereichen glasartigen Lava, Moldawit, an Obsidian erinnernd, finden sich in quartären Ablagerungen in den verschiedensten Teilen der Erde. Die Beschaffenheit ihrer Oberfläche, die annehmen läßt, daß sie einen weiten Weg durch die Luft zurückgelegt haben, und ihr Vorkommen fern von Vulkanen macht den kosmischen Ursprung wahrscheinlich.

Die Sonne.

In der Sonne liegt der Mittelpunkt unsers Systems, und für die weitest verbreitete Anschauung liegt in ihr auch der Ursprung aller andern Glieder dieses Sonnensystems. Der Wärme und dem Lichte der Sonne dankt die Erde einen großen Teil der Eigenschaften ihrer Oberfläche; bei den übrigen Planeten dürfte es ähnlich sein. In einem viel tiefern Sinn als die Ägypter von dem „trefflichen Westen“, dem Haus der Sonne, sprachen, haben wir in der Sonne dankbar die Gestalterin der Erde und die Quelle des Lebens der Erde zu verehren. Aber die Sonne steht allen Gliedern ihres Sonnensystems als ein ganz eigenartiger Körper gegenüber. Ihr Durchmesser von 1,392,000 km ist zehnmal größer als der Durchmesser des größten Planeten, des Jupiter, und die Oberfläche der Sonne ist 12,000mal größer als die der Erde. Die Masse aller Planeten zusammen beträgt weniger als 1/700 der Sonne. Ihre Dichte aber ist nur ein Vierteil von der Dichte der Erde.

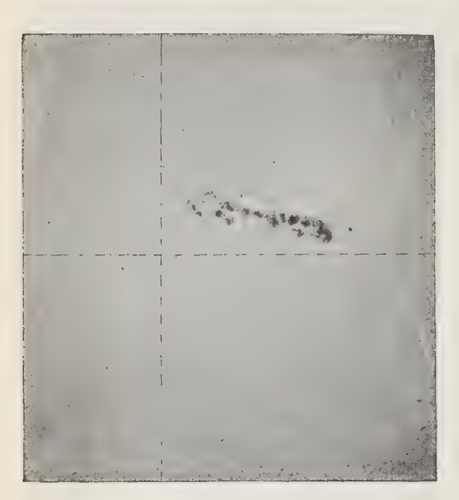


Sonnenoberfläche mit Flecken und Fackeln. Nach Secchi. Vgl. Text, S. 78.

Alle Planeten sind erkaltete Körper, die nicht mehr leuchten, aber die Sonne ist ein Stern. In der Abkühlung fortgeschritten, leuchtet und wärmt sie noch mit gewaltiger Kraft. Das Licht und die Wärme aller andern Sterne verschwinden am Firmament vor dem Licht und der Wärme der Sonne, wiewohl die meisten Sterne sicherlich mehr Licht und Wärme aussenden als die Sonne. Diese enthält Stoffe, die wir in der Erde und in den Meteoriten finden und genau kennen. Aber keine Kenntnis scheinen wir gewinnen zu können von der Form, in der diese Stoffe in der Sonne vorkommen. Die Zeit einfacher, sozusagen greifbarer Vorstellungen von der Natur der Sonne ist vorbei. Der dunkle „erdhafte“ Kern einer leuchtenden Hülle, wie ihn noch Arago zu sehen meinte, ist ebenso unmöglich wie die Zöllnersche Kugel geschmolzenen Metalls, deren schwimmende Schlackenmassen Sonnenflecke sind. Die Wärme, die wir für die Sonne voraussetzen müssen, ist viel zu groß, als daß wir selbst unter hohem Druck uns die

Stoffe der Sonne als flüssig zu denken vermöchten. Es ist überhaupt kein Stoff in der Sonne, der bei der niedrigsten für sie anzunehmenden Temperatur flüssig bleiben könnte. Außerdem ist die Sonne so wenig dicht, daß schon aus Gründen der Schwere für die Teile ihrer uns sichtbaren Oberfläche nur der gasförmige Zustand möglich ist.

Die Sonnenflecke (s. die untenstehende Abbildung und die auf S. 77 und 79), Stellen von geringerem Lichtreichtum auf der Oberfläche der Sonne, für die schon Kepler den Vergleich mit Wolken nahelegte, die aus der weißglühenden Sonne aufqualmten, sind an Größe und Gestalt ungemein veränderlich. Man hat solche von dem siebenfachen Durchmesser der Erde gemessen. Es wohnt ihnen eine unzweifelhafte Beziehung zu tellurischen Vorgängen inne. Sie treten in einzelnen Jahren häufiger auf als in andern. Manchmal verschwinden sie fast völlig und sind zu andern Zeiten wieder in großer Zahl vorhanden. Es gibt eine Regel ihrer Ab- und Zunahme. Alle 11 1/9 Jahre tritt ein Maximum ein, das zwei bis drei Jahre anhält, worauf sie bis zum sechsten oder siebenten Jahre ab- und dann weitere vier bis fünf Jahre wieder zunehmen. Das Jahr 1876 war durch eine äußerst geringe Zahl von Sonnenflecken ausgezeichnet, die Jahre 1881 und 1882 durch eine außergewöhnlich große Menge. So war auch 1893 ein Maximaljahr der Sonnenflecke, und 1904 wird es wieder sein. Unbestritten ist das Zusammenfallen von Häufigkeit der Polarlichter und der magnetischen Störungen überhaupt mit großer Zahl der Sonnenflecke. Die Übereinstimmung der Perioden der magnetischen Deklination mit denen der Sonnenflecke ist auch im einzelnen nachgewiesen. Aber wir sehen nicht den Faden, der diese Erscheinungen verbindet. Noch sind die Sonnenflecke selbst in ihrem wahren Wesen nicht erklärt. Wir glauben wohl, es seien abgekühlte, bis zur Photosphäre herabsinkende Gasmassen, also doch etwas Wolkenartiges; aber wir können ihre Natur noch immer nicht genau bestimmen.



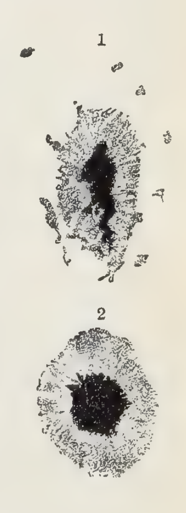
Sonnenfleckengruppe, photographiert am astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam.

Die Sonnenstrahlung bedeutet eine „Zerstreuung von Energie". Der größte Teil davon geht in den Weltraum hinaus, und auch das Minimum, das der Erde zufließt, wird später in verschiedenen Formen in diesen zurückgeworfen. Diese Energie ist unsre Lebensquelle. Immer wird es unendlich wichtig für uns sein, festzustellen, ob in 1000 Jahren die Sonne durch beständige Ausstrahlung irgend ein kleinstes Bruchteilchen der Wärme, die sie der Erde senden kann, verliert, ob dieser Verlust ein regelmäßiger oder unter Schwankungen fortschreitender sei, und wenn er stattfände, auf welche Weise der Verlust sich ersetzen kann. Der Schluß liegt nahe, daß in der Ausstrahlung selbst die Quelle für den Wärmeersatz liegen müsse. Denn wenn der Durchmesser der Sonne, wie man berechnet hat, im Jahrhundert durch Zusammenziehung der Sonne sich um 6 km verkleinert, so ersetzt die durch die Verdichtung der Sonnenmasse erzeugte Wärme den durch die Ausstrahlung erzeugten Verlust fast vollständig. Robert Mayers Gedanke von der Wärmeerzeugung durch in die Sonne stürzende Weltkörper bleibt neben dieser Erklärung bestehen; jede Erklärung des Ursprunges der Sonnenwärme muß ihn mit in Rechnung ziehen, weil dieses Hineinstürzen notwendige Folge des stofferfüllten Raumes

ist. Die Hypothese von William Siemens aber, daß im Weltraume Wasserdämpfe und Kohlenverbindungen vorhanden seien, welche in die polaren Teile der Sonne hineingezogen, verbrannt und durch die Umdrehung der Sonne an deren Äquator hinausgeschleudert werden, um neuerdings angezogen, dissociiert und verbrannt zu werden, ist daneben nur ein interessanter Versuch, die verschiedensten Vorgänge in der Sonne einheitlich zu erklären.

Die Planeten.

Die inneren Planeten zeigen am meisten Verwandtschaft mit der Erde, und zwar vor allem in Bezug auf Größe und Umlaufszeit. Dazu kommen die Zeugnisse für eine Atmosphäre in dem Dämmerschein der von der Sonne nicht unmittelbar beschienenen Teile der Venus, in den Verschleierungen und Schneeflecken des Mars; auch für das Nebeneinanderlagern fester und flüssiger Oberflächenteile auf beiden spricht manches. Merkur, der sonnennächste der inneren Planeten, kommt wegen seiner Kleinheit und ungünstigen Lage für den Vergleich mit der Erde sehr wenig in Betracht. Wohl aber ist Venus in manchen Beziehungen wie eine Wiederholung der Erde anzusehen: ihr Durchmesser ist nur um etwa 100 km kleiner als der der Erde, ihre Masse um 1/23 geringer, der Venustag um 39 Minuten kürzer. Mars entfernt sich mit einem Durchmesser von 6740 km und einer Dichtigkeit, die sich zu der der Erde wie 18:25 verhält, weiter von letzterer, während die Rotationsdauer nur 41 Minuten die der Erde, d. h. die Dauer eines Erdentages, übertrifft. Am meisten Aufsehen erregte aber schon lange die scheinbar unveränderliche Lage hellerer, gelblichroter und dunklerer, graublauer Stellen, die schon Huygens vor 200 Jahren ähnlich zeichnete, wie man sie heute sieht. Ebenso früh hat man die dunkeln als Wasser erklärt, welches das Licht aufsaugt, die hellen als Land, welches das Licht zurückwirft. Zwei Stellen von ausgezeichneter Helligkeit liegen an den Polen des Mars; im Winter wachsen sie an und gehen im Sommer zurück. Nahe liegt es, sie als Schnee und Firn zu deuten. In Schiaparellis großem Marswerk sieht man einen Abriß der Verteilung von Land und Wasser auf diesem Planeten, aus dem hervorgeht, daß große Erdteile oder Weltinseln auf dem Mars nicht vorkommen, daß vielmehr eine einzige Ansammlung von Land auf der Nordhalbkugel liegt, während die südliche von Meer eingenommen wird. Aber das Land ist durch schmale Wassermassen zerschnitten, wodurch Inseln und Halbinseln entstehen; das Meer scheint großenteils seicht und durch Sandbänke zerteilt zu sein. Ist diese Art der Anordnung von Fest und Flüssig auf der Marsoberfläche nicht zu vergleichen mit der in viel größerem Stile sich darstellenden Verteilung von Land und Wasser auf der Erde von heute, so könnte doch diese Verteilung in früheren Perioden der Erdgeschichte der auf dem Mars ähnlicher gewesen sein. Doch entzieht sich dem Vergleiche vollständig der schwer zu deutende Wechsel im Anblick der Wasserfläche des Mars, der sogar wieder Zweifel hat laut werden lassen, ob wir es überhaupt mit Wasser zu thun haben. Man muß annehmen, daß auf dem Mars große Überschwemmungen vorkommen, die bald wieder zurücktreten; und in der That hängt die Ausbreitung der vermeintlichen Wasserflächen manchmal mit der Zeit zusammen, wo Schneeschmelze eintreten könnte.



Sonnenflecke: 1) teils durch perspektivische Wirkung elliptisch erscheinender, normaler Sonnenfleck, gezeichnet am 2. Oktober 1882; 2) normaler Sonnenfleck, gezeichnet am 8. August 1892 von Miß E. Brown. Vgl. Text, S. 78.

Wie die inneren Planeten der Erde, so sind die äußeren der Sonne verwandter. Sie sind größer, leichter, aller Wahrscheinlichkeit nach wärmer. Vielleicht würden sie uns sogar als schwach selbstleuchtende Körper erscheinen, wenn nicht ihre heiße Oberfläche von Dämpfen bedeckt wäre. Der gewaltigste und hellste Planet, der Jupiter, übertrifft die Erde im Durchmesser um das Zwölffache, ist aber von viel geringerem Gewicht, viel größerer Umdrehungsgeschwindigkeit (9 Stunden 55 Minuten) und zwanzigmal stärkerer Abplattung. Man kennt fünf Monde, die ihn begleiten. Seine Oberfläche hat eine rötlichbraune Farbe und zeigt ein dunkleres Band aus parallelen Streifen und Linien in der Äquatorialzone, während nördlich und südlich davon ein hellerer Ton überwiegt, den man auf zu- und abnehmende Wolkenmassen zurückführt. Einer andern Art von Wolkenbildung dürfte jener rosenrote Fleck angehören, der 1879 am Südrande des dunkeln Gürtels erschien und allmählich bis zu geringer Sichtbarkeit verblaßt ist. Man hat diese Wolkenbildungen als das Erzeugnis einer großen Eruption aus dem noch heißen, ja vielleicht glühenden Jupiter erklärt. Auch Saturn ist ein großer, stark abgeplatteter Planet von geringer Dichte und kurzer Umlaufszeit (10 Stunden 29 Minuten), den acht Monde begleiten. Auch seine Oberfläche macht durch die veränderlichen helleren und dunkleren Stellen den Eindruck, als ob sie beständig mit Wolken bedeckt wäre. Vor allem ist er aber merkwürdig durch den aus zwei konzentrischen Ringen bestehenden Ring, der selbst wieder aus kleineren, in konzentrischen Schichten um den Planeten rotierenden Körpern besteht. Es ist bezeichnend, daß der grünlich schimmernde Uranus bei der ersten Entdeckung Herschel wie ein Nebel erschien und später als ein Komet beschrieben wurde, bis die Gestalt seiner Bahn die planetarische Natur außer Zweifel stellte. Über die physischen Verhältnisse des Neptun ist bei der großen Entfernung dieses äußersten Wandelsterns nichts mit Sicherheit auszusagen, was für die Beurteilung der Planeten unsres Sonnensystems, und damit der Erde, von Bedeutung wäre. Und ultraneptunische Planeten kennen wir nicht, wenn wir ihr Dasein auch durchaus nicht für unmöglich halten dürfen.

Die Dichtigkeitsunterschiede im Sonnensysteme sind nicht mit den Wärmeabstufungen im Fixsternhimmel zu vergleichen. Wir haben es hier nicht mit Entwickelungsstufen, sondern mit ursprünglichen Verschiedenheiten zu thun. Und welche Unterschiede, wo schon die Planeten die Dichtigkeit des Wassers, des Honigs, des Tannenholzes, des Antimonmetalls zeigen, die Kometen vielleicht zu $^1/_{5000}$ der Dichte der Erdmasse herabsinken!

Man konnte einst glauben, die inneren Planeten seien satellitenlos bis auf die Erde und unterschieden sich dadurch von den äußeren Planeten. Aber nun kennen wir die zwei Monde des Mars. Jupiter und Uranus haben je vier Monde, zwischen ihnen ist der Saturn mit seinen acht Monden und drei Ringen gleichsam eine zersplitterte Existenz. Und Neptun mit seinem einzigen Monde kehrt zu der Satellitenarmut der inneren Planeten zurück. So sehen wir bei aller planetarischen Familienähnlichkeit in jedem einzelnen Himmelskörper eine breite Möglichkeit der Sonderentwickelung. Selbst zwischen dem Vulkanismus der Erde und dem des Mondes bleibt ein tiefer Unterschied der Maße bestehen, und es kommen hier Formen vor, deren Natur wir aus der Wirksamkeit der inneren Erdkräfte nicht einfach ableiten können.

Die Abplattung ist bisher bei den inneren Planeten Merkur und Venus nicht direkt gemessen worden. Auch beim Mars würde sie bei einem Durchmesser von 6700 km kaum zu messen sein. Doch ist auf theoretischem Wege gefunden worden, daß sie $^1/_{200}$ beträgt. Bei den kleinen Planeten ist von einer Messung dieser Größe nicht zu reden. Ganz andre Verhältnisse zeigen die großen oder äußeren Planeten. Bei diesen ist die Abplattung bestimmt nachgewiesen, wo nicht die weite Entfernung es unmöglich machte. Jupiter hat bei einem Durchmesser von 137,000 km eine Abplattung von $^1/_{16}$, d. h. der Polardurchmesser

ist volle 9000 km kürzer als der äquatoriale. Saturn hat einen Äquatorialdurchmesser von 118,000 km; der polare ist um 12,000 km kleiner, oder die beiden verhalten sich wie 9 : 8. Die Abplattung des Uranus ist nicht genau zu bestimmen, wahrscheinlich ist sie viel geringer als die des Jupiter und Saturn. Der Durchmesser des Uranus beträgt ungefähr 51,000 km, von seiner Abplattung ist nichts bekannt. Der Mond ist ein dreiachsiger Körper, der sich um seine kürzeste Achse dreht, während die längste die der Erde zugewendete ist und die dritte in der Richtung der Mondbewegung liegt. Die Größenunterschiede dieser Achsen sind nicht bedeutend. Dagegen scheint eine andre Unregelmäßigkeit beträchtlicher zu sein, die nicht ganz außer Zusammenhang mit der Dreiachsigkeit des Mondkörpers stehen dürfte; Mittelpunkt und Schwerpunkt des Mondes fallen nicht zusammen, sondern der erstere liegt der Erde näher als der letztere. 59 km, also fast 1/60 des Monddurchmessers, werden als die Größe dieses Unterschiedes angegeben.

Ganz besonders im Hinblick auf den Mond können wir also sagen, daß ein an den Polen abgeplattetes Rotationssphäroid, wie es die Erde ist, nicht die einzige Gleichgewichtsform einer um ihre Achse rotierenden, etwa langsam aus dem schwerflüssigen Zustand erstarrten Masse ist, ebenso daß nicht in allen Weltkörpern die Masse so gleichförmig um den Mittelpunkt verteilt ist, daß mit diesem genau der Schwerpunkt zusammenfiele. Ebenfalls der Mond lehrt uns, daß Wasserhülle und Lufthülle oder Hydrosphäre und Atmosphäre von nicht ganz verschwindender Dichtigkeit keine notwendigen Eigenschaften der Körper des Sonnensystems sind.

Anderseits zeigen die Meteoriten, daß auch im Inneren andrer Weltkörper Wasser und Gase vorhanden sind. Endlich dürfen wir aus der planetarischen Vergleichung schließen, daß weder die Verteilung von Land und Wasser auf der Erdoberfläche, noch die Bodengestaltungen, denen wir auf der Erde begegnen, durch die planetarischen Eigenschaften unsrer Erde, besonders durch die Annäherung an die Kugelgestalt, die Rotation und den Gang um die Sonne notwendig bedingt werden.

Der Mond.

Der Mond ist ein Weltkörper für sich, aber er ist an die Erde gebunden, und die Erde ist ohne den Mond nicht denkbar. Alle Planeten sind ferner von der Erde als das Hundertfache der Entfernung zwischen Mond und Erde. Die Anziehung und das Licht des Mondes sind auf der Erde wirksam, und als nächster Nachbar der Erde ist der Mond der einzige Weltkörper, dessen Eigenschaften wir so genau kennen, wie es die Entfernung von 384,000 km gestattet. Das Mondlicht hilft die Erde erleuchten; insofern kann man sagen, der Mond vermehre die Menge des Sonnenlichtes, das der Erde zufließt, und zwar um die nicht unbedeutende Summe von 1/619000 der Lichtmenge der Sonne. Auf thermoelektrischem Wege hat man auch dem ungemein geringen Wärmeanteil beikommen können, den der Mond von seiner ihm von der Sonne zugestrahlten Wärme der Erde abgibt.

Der an sich dunkle Mond strahlt uns mit dem Lichte an, das er von der Sonne empfängt. Daher leuchtet er uns nur voll, wenn die Erde zwischen ihm und der Sonne steht; unerleuchtet, von rückgestrahltem Erdlicht nur dämmernd, sehen wir ihn dagegen, wenn er zwischen der Erde und der Sonne steht. Zwischen diesen beiden Zuständen liegen die bekannten Phasen des ersten Viertels, des Halbmondes und des letzten Viertels.

Die Mondoberfläche ist formenarm (s. die Abbildung, S. 82). Neben der Kreisform der Krater sehen wir die geraden Linien der Rillen und Furchen und Thäler. Wir finden wenig Abstufung, keine Verzweigung; die verschiedenen Formen sind starr und scharf nebeneinander hingelegt.

Die Masse des Mondes ist im ganzen leichter als die der Erde, und die Gewichte sind gleichmäßiger verteilt. Es dürfte dem eine Gleichartigkeit des Materials entsprechen, die in der Gleichförmigkeit der Oberflächenbildung wiederkehrt.

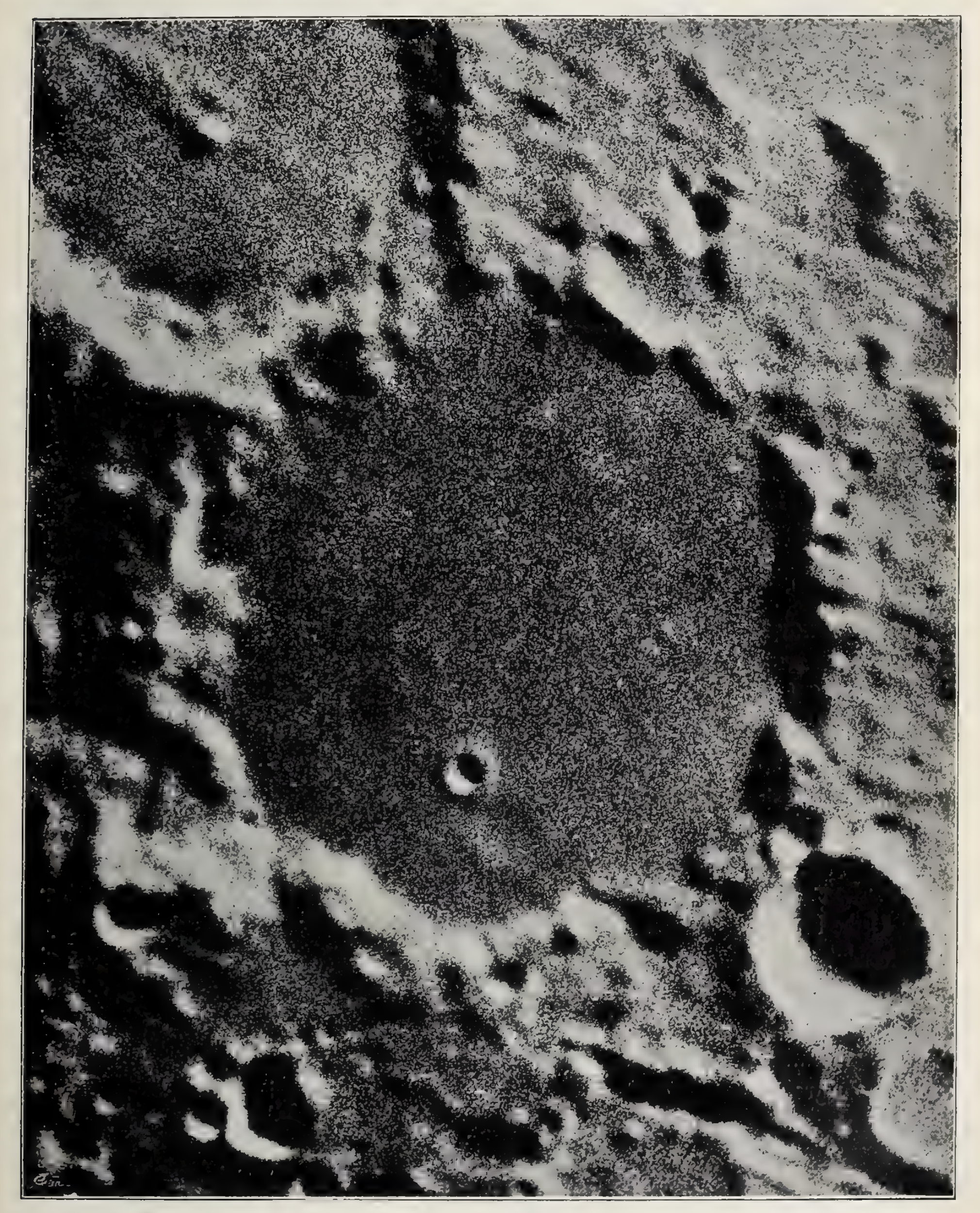
Die Seite der Mondoberfläche, welche wir kennen, ist zu $^2/_5$ von graueren, tieferen, großenteils ebenen Stellen eingenommen, die auf der Nordhälfte und in der Äquatorialzone vorwiegen, während um den Südpol sich Erhebungen zusammendrängen. Man nennt diese Vertiefungen Meere, und ihre Bodengestalt erinnert in manchen Beziehungen an unsre großen Meeresbecken: die Vertiefungen der Mondmeere liegen in der Regel in der Nähe ihrer Ränder, und die Aufwölbungen nehmen einen großen Teil ihres Bodens ein. Die Art, wie die sie umziehenden Ketten nach innen steiler abfallen und nach außen sanft geneigt sind, erinnert an die Randgebirge der Mittelmeere. Manches spricht dafür, daß die Mondmeere ebenfalls Einbruchsgebiete sind, nur daß sich kein Meer in sie ergoß, sondern vulkanische Schmelzmassen, die erstarrten.



Bild des abnehmenden Mondes im umkehrenden Fernrohr. Alter des Mondes 20 Tage, 20 Stunden. Nach einer photographischen Aufnahme auf der Lick-Sternwarte vom 2. August 1893. Vgl. Text, S. 81.

Einen gleichfalls beträchtlichen Raum beanspruchen die Krater, deren größte die Wallebenen von 240 km Durchmesser sind (s. die Abbildung, S. 83). Aber diese größten Krater entfernen sich doch zu sehr von dem, was wir darunter zu verstehen pflegen, man zieht es deshalb vor, auf den Mondkarten diesen Namen nur auf die kleinen becherförmigen Öffnungen anzuwenden, die in der That unseren Vulkankratern, und am allermeisten den erloschenen, oft ungemein ähnlich sind. Solcher Krater gibt es mindestens 50,000; sie durchlöchern fast siebartig die uns sichtbare Mondoberfläche. Die großen Krater aber bezeichnet man als Ringgebirge; ihre polygonalen, geschwungenen, nach innen steilen, klippigen Umrandungen und ihr oft ebener Boden könnten an ihrer Vulkannatur zweifeln lassen, aber der zentrale Auswurfskegel ist echt vulkanisch, und das ganze Gebilde ist vulkanischen Einbruchskesseln, Calderen, am nächsten verwandt. Die Ringwälle könnten aus leichten Auswurfsstoffen bestehen, die kreisförmig zurückgefallen sind. Helle Streifen, bis zu 30 km breit, bilden ganze

Strahlensysteme um die Mondkrater Tycho, Kopernikus und andre. Nach vulkanischen Analogien könnte man durch Dämpfe gebleichte Stellen darin sehen.



Die Wallebene Ptolemäus. Nach einer Aufnahme an der Lick-Sternwarte vom 10. November 1892 16fach vergrößert von L. Weinek in Prag. Vgl. Text, S. 82.

Dem Mond eigentümlich aber sind jene Rillen, schmale, schluchtenartige Kanäle oder Risse von 300—500 km Länge, welche Ebenen und Berge durchqueren und einander schneiden. Diese Rillen und Rinnen sind oft auf weite Strecken geradlinig zu verfolgen, weshalb

man sie als Lücken und Klüfte zwischen zusammengekitteten Schollen deuten möchte, da spätere Zerreißungen oder Unterschiebungen eher rundliche Begrenzungslinien zeigen würden. Eine jüngere Bildung sind die Streifen, Aschenstreifen, die über die verschiedensten Unebenheiten des Bodens wegziehen, die vor ihnen dagewesen sein müssen. Wie sie als lockere, vielleicht staubartige Anhäufungen ihre Lage und Gestalt zu bewahren vermögen, kann man nur verstehen, wenn man die Abwesenheit bewegender Kräfte in der bis zur Unbestimmbarkeit dünnen Mondatmosphäre erwägt. Die Zerkleinerung der Gesteine an der Mondoberfläche erklärt vielleicht auch ihre lichte Farbe.

Die Auffassung des Mondes hat ihre ganz eigentümliche Geschichte, deren Grundzug ist: Fortschritt von der Annahme der absoluten Luft- und Wasserlosigkeit des Mondes und seiner vollkommenen Starrheit zu der Erkenntnis, daß auch der Mond seine Entwickelung, seine Veränderungen, kurz sein Leben hat. Es liegt auch darin eine Annäherung an die Merkmale des übrigen Planetensystemes, eine Zurückführung des Mondes zur Wesens- und Entwickelungsverwandtschaft mit der Erde. Seitdem der Astronom Schmidt in Athen Veränderungen am Krater Linné beobachtete, ist die Neigung, die Frage nach der Mondatmosphäre zu bejahen, größer geworden. Freilich könnte diese immer nur sehr dünn sein. Aber der weiße Fleck im Krater Linné, nebelartige Schleier, die merkwürdigen Farbenänderungen zwischen weiß, grau, gelb und goldbraun, das Hellgrün des Mare Serenitatis, das manchmal in dunklere Töne übergeht, sind alles Erscheinungen, die der Annahme einer Mondatmosphäre günstig sind, und wäre ihre Dichte auch nur 1/300 von der unsrer Erdatmosphäre. Der mehrfache Nachweis von Gasen in den Meteoren macht es noch wahrscheinlicher, daß wir überhaupt weder Planeten noch Trabanten ganz ohne Atmosphäre anzunehmen haben.

Die Welt und unser Geist.

Die Sternenwelt liegt als Ganzes jenseits der ästhetischen Auffassung. Sie ist zu groß, um in ein Bild verdichtet werden zu können. Kein Maler wagt das. Man könnte sich vielleicht die mächtige Wölbung eines Tempelinnern als Sternenhimmel ausgemalt denken. Aber selbst in großen Dimensionen würde das Bild des gestirnten Himmels etwas Unvollendetes behalten, weil wir die Regel und das Gesetz der Verteilung der Sterne nicht darin erkennen können. Die Sternenwelt kann bewundert und bis zu einem gewissen Grade begriffen, aber nicht künstlerisch bewältigt werden. Wir können ihr nur auf zwei Wegen nahen: sie als Ausdruck eines großen Schöpfergeistes anstaunen und verehren, oder in das Rätsel ihrer Ordnung eindringen, indem wir sie erforschen. Der Religion und der Wissenschaft bleibt das Feld, wo die Kunst verzichtet. Beide beschäftigen sich mit den Sternen seit grauer Vorzeit.

Sternendienst, Sternbeobachtung und Sterndeutung sind die Hauptaufgaben der Priester des ältesten Kulturvolkes, von dem wir Kunde haben, des babylonischen; und seitdem wölbt sich der Sternenhimmel über jedem Glauben und leuchtet jeder Stufe wissenschaftlicher Erkenntnis. Gerade die Grundlinien der Geographie sind aus den Sternen entnommen (vgl. oben, S. 27 f.). Es wäre nun ein großer Fehler, zu glauben, nur die Anfänge des Wissens von der Erde seien mit den Sternen verknüpft. Das Bild, das wir von der Erde in uns tragen, ist immer von einem Bild ihrer Umwelt umgeben, das aus Wissen, Vermutungen, Ahnungen gewoben ist. Die zarten Fäden, die zwischen unsrem Heimatsplaneten und den andern Weltkörpern gezogen sind, gehören auch zur Erfüllung des Weltraumes. Sie mögen dünn und vielfach schwankend sein, doch bringen sie die fernsten Weltkörper uns näher. Sie schaffen über der physischen eine geistige Einheit des Kosmos, die den Vorstellungskreis unsers erdgebannten Daseins unermeßlich bereichert.

Was wir von den Sternen wissen, ist eine seltsame Mischung von allgemeinsten Eindrücken und einigen besonderen Vorstellungen. Man kann sagen, daß uns trotz der großen

Fernrohre, durch die wir die Sterne betrachten, mehr vom Inneren als vom Äußeren der Sterne bekannt ist. Ihre Masse, ihr Wärmezustand, ihre stoffliche Zusammensetzung kennen wir; wir erraten aber auch aus der Natur ihres Lichtes ihre Vergangenheit und die Entwickelung, die ihnen bevorsteht. Wie wenn wir an den verschiednen Tönen von Gelb der Schlüsselblumen auf einer Frühlingswiese die erst aufknospenden und die schon welkenden Pflanzen unterscheiden, so lehrt uns der Unterschied des Leuchtens aufflammende und verlöschende Sterne kennen. Darin liegt ein merkwürdiger Gegensatz zwischen unsrem Wissen von der Erde und von den Sternen: vom Innern der Erde wissen wir nichts, aber das Innere ferner Nebelsterne verrät uns die eigentümliche Sprache des Lichtes.

Am deutlichsten wird diese Sprache bei der Sonne, die uns am hellsten leuchtet. Noch entziffern wir nicht alle ihre Laute, aber wir fangen an, die Natur der Sonnenflecke und Sonnenfackeln zu verstehen. Es ist also auch geistig ein großer Vorteil, daß das Sonnenlicht nicht bloß aus der Ferne uns anstrahlt, sondern sich in Fülle über uns ergießt, gleichzeitig Licht, Wärme und andre Formen der Energie austeilend. So wie die Sonnenwärme uns die Erde wohnlich macht, so bewirkt die Einsicht in das Wesen der Sonne, daß wir uns im Weltall heimischer fühlen.

Ganz anders stehen wir den Planeten gegenüber. Wie die Sterne für uns keine Individuen sind, sondern jeder wieder zu tausend andern gehört, die durch dieselbe Leuchtkraft zu einer Gruppe verbunden sind, so vereinigt auch die Planeten eine Reihe von Eigenschaften zu einer familienhaften Gruppe. Größe, Bewegung, Abplattung und bei den uns näher stehenden die Andeutungen von Atmosphäre, Wasser, Land und sogar von polaren Eiskappen verleihen ihnen allen Erdähnlichkeit im weitesten Sinne.

Von einem Weltgebäude zu sprechen, gestattet uns nur die einzige für alle sichtbaren Weltkörper festzustellende Eigenschaft: die Entfernung. Ein großer Teil der Kosmologie ist Lehre von den Entfernungen, d. h. Bestimmung der Orte leuchtender Punkte im Raume, und der Länge des Weges, den das Licht von einem zum andern braucht. Gerade diese Lehre ist nun für die Geographie von der allergrößten Bedeutung. In ihr liegen die *kosmischen Maßstäbe für Zeit und Raum*. Aus dem Weltall müssen wir unsre geographischen Raum- und Zeitmaßstäbe holen, nicht von der Erde. Es ist ganz gut für das praktische Leben, den Raum nach Fingerbreiten, Armlängen und zunächst nach einem Breitengrade zu messen, ebenso wie es nahe liegt, die Zeit nach einer Erdumdrehung und den dabei vorkommenden Stellungen zur Sonne zu messen. Aber wenn wir damit an die wissenschaftlichen Probleme unsers Planeten herantreten, die nur im Weltraume zu verstehen sind, da werden diese menschlich-irdischen Maßstäbe ganz unbrauchbar, und wir laufen die Gefahr geistiger Kurzsichtigkeit, deren Folgen Verzerrungen und Mißverständnisse sein müßten. Die Entwickelung aller Wissenschaften, die sich mit der Erde beschäftigen, vor allem der Geographie und Geologie, ist ein Herausringen aus viel zu engen Raum- und Zeitvorstellungen. Als Beispiel sei nur genannt die Einzwängung der Schöpfungsgeschichte in den falsch verstandenen Wortlaut der Genesis und der Geschichte in die ärmlichen fünf Jahrtausende des jüdischen Kalenders; die bis in die Gegenwart nachwirkende Folge davon ist die Beschränkung der „Weltgeschichte" auf die Zeit seit dem Hervortreten der ägyptischen und babylonischen Kultur.

Die Entwickelung der ganzen Astronomie ist nun das Vordringen über die gewölbte Fläche einer Kristallhohlkugel, an der die Sterne befestigt waren, hinaus in einen tiefen Himmelsraum, wo von Weltengruppe zu Weltengruppe sich weitere Fernsichten eröffneten. Es ist eine gewaltige

Eroberung im Raume, der sich erst spät auch Eroberungen in der Zeit angeschlossen haben. Diese Eroberung ist auch für die Erde gemacht. Denn darin liegt die große Bedeutung der kosmischen Entfernungen für die Geographie, daß sie sie jener tellurischen Enge für immer entrücken. Deswegen ist für uns die ganze Entwickelung der Entfernungsbestimmungen im Weltraume von so großem Interesse, als ob es sich um eine geographische Sache handle. Von der ersten Bestimmung einer tellurischen Entfernung durch die Messung einer Basis und der beiden ihr anliegenden Winkel, woraus sich der Winkel (Parallaxe) ergibt, dessen Scheitel in dem gesuchten Punkte liegt, führt der Weg geradehin auf das Problem der Bestimmungen außerirdischer Entfernungen. Den Mond kann man noch nach derselben Methode bestimmen wie einen irdischen Ort, nur muß man die Basis richtig wählen. Die erste Messung gelang 1756 Lalande in Berlin und Lacaille am Kap der Guten Hoffnung, also mit einer möglichst großen Basis. Etwas weiter hinaus führt uns die 1677 von Halley zuerst ausgesprochene Verwendung der Vorübergänge der Venus vor der Sonne, die, von verschiedenen Stellen der Erde aus beobachtet, auf die Entfernung der Sonne führen. In diesem Abstande der Sonne von der Erde, in dieser „Erdweite" war nun aber eine noch viel größere Basis gegeben: der Halbmesser der Erdbahn, mit der man nun in die Fixsternwelt hineinmessen konnte.

Herschel ging von der Lichtstärke aus. Die Voraussetzung, daß alle Helligkeitsunterschiede auf Unterschieden der Entfernung beruhten, führte ihn von Schätzung zu Schätzung, bis hinaus an die Grenze des Sehens mit dem am schärfsten bewaffneten Auge. Mit Meilen und selbst mit Sonnenweiten ist hier nicht mehr auszukommen, man kann die Entfernungen nur noch in vorstellbaren Zahlen fassen, wenn man den Weg annimmt, den das Licht in einem Jahre durchläuft. Das nennt man dann ein Lichtjahr. Herschel hat in der Betrachtung der jenseits unsers Sternensystems gelegenen Nebelflecke von Millionen von Lichtjahren gesprochen. Man versuche nachzudenken: das Licht durcheilt einen Weg von 40,000 Meilen in der Sekunde, in einem Lichtjahr also mehr als eine Billion Meilen. Der Ausdruck „Eine Million Lichtjahre" deutet auf Räume, deren Anfangs- und Endpunkte über eine Trillion Meilen voneinander entfernt sind. Es ist freilich geltend gemacht worden, das Licht werde bei so ungeheuren Entfernungen von zahllosen dunkeln Körpern im Weltraum absorbiert, es gelange gar nicht so weit. Aber Secchi hat darauf geantwortet, diese dunkeln Körper wirkten nur wie der Staub in unsrer Atmosphäre, der zwar das Licht schwächen, aber nicht vollständig absorbieren kann. Einerlei, wie es mit dieser äußersten Grenzlinie des Lichtes sich verhalte: es steht fest, daß wir Vorgänge als gegenwärtige sehen, die in Wirklichkeit mehr Jahrtausende hinter uns liegen, als die übliche Zeitrechnung einst für die ganze Weltgeschichte von der Schöpfung an forderte. Und indem die kosmischen Raumgrößen dermaßen unsern Blick in die Tiefe lenken, gewinnen sie wieder etwas von der Stellung als „Mächte des Kosmos", in der sie den ionischen Philosophen erschienen; sie zwingen unsern Geist, auch die tellurischen Dinge kosmisch weiträumig und großzeitig anzusehen.

Kehren wir von solchen Vorstellungen zu unsrer Erde zurück, dann haben wir zunächst den Eindruck von einem Ertrinken der erdgeschichtlichen Geschehnisse in einem Meere von Zeit. Und wir haben gar nicht die Macht, diesem Vorgang Schranken zu setzen. Denn die Zeit, die wir für die Sterne brauchen, können wir dem Planeten nicht versagen. Auch wenn wir wollten, könnten wir nicht bei den Jahrtausenden und Jahrzehntausenden stehen bleiben, mit denen wir sonst gewohnt waren, die Erdgeschichte zu messen. Zwar ist die Geologie schon lange zu immer größern Zeitmaßstäben fortgeschritten, und wir begegnen nicht selten der Meinung, daß dieser oder jener Schichtenkomplex Hunderttausende, ja eine Million Jahre gebraucht

habe, um sich zu bilden. Man hat sich auch nicht gescheut, größere Zeitperspektiven zu eröffnen, wenn man etwa das Erkalten der Sonne und dessen Folgen für die Planeten erwog. Aber das nahm in der Regel mehr phantastische Gestalt an. Im ganzen sind die Geologie und die Geographie noch weit davon entfernt, mit diesen Zeiträumen so unbefangen umzugehen wie die Astronomie. Ihr Blick ist noch immer etwas getrübt und gekürzt durch die Einflüsse der alten Katastrophenlehre, die in den kürzesten Zeiträumen durch unerhörte Kräfte Erdumwälzungen sich vollziehen und rasch aufeinander folgen ließ. Ist es nicht eine merkwürdige Erscheinung in der Geschichte des menschlichen Geistes, daß die Astronomie über eine solche Fülle von Zeit verfügte, wo Geographie und Geologie noch mit einer Furcht vor großen Zeiträumen, einem wahren Zeitgeiz rangen?

Sei uns also die Zeit ein unerschöpfliches Reservoir, aus dem wir Jahresreihen in jeder Größe schöpfen. Wir können irgend einen Prozeß durch Verbindung mit denselben vervielfältigen, können in einzelnen Fällen seine Wirkung sich vertiefen, in anderen sich verbreitern lassen. Der letztere Fall ist geographisch der wichtigste, weil er einer Wirkung über große Teile der Erde, ja über die ganze Erde hin zu wandern erlaubt und örtlich begrenzten Vorgängen eine Tragweite, den Ausdruck wörtlich genommen, von unerwarteter Größe verleiht. Die Brieftaube vermöchte den Erdball in neun Tagen zu umfliegen, die Wegschnecke brauchte 600 Jahre dazu. Das sind noch zählbare Zeiträume. Wie lange mag aber wohl ein Küstensaum gebraucht haben, um bis zu der Linie, wo er heute zwischen Land und Meer liegt, den Weg zu machen von der anderen Linie weit draußen im Meere, wo seine einstige Lage durch Klippenreihen bezeichnet wird? Die Jahrmillionen für dieses Geschehen sind gegeben; es kommt nur darauf an, daß ich es mir als ein zeitlich verlaufendes vorzustellen weiß, lückenlos fortschreitend wie der Vogelflug. Dazu ist im Grunde weiter nichts nötig, als vor dem Gegensatz der Kleinheit der alltäglichen Vorgänge und der Größe des Ergebnisses nicht zurückzuschrecken. Und dieses ist wieder nur möglich, wenn ich die ohnehin zu Gebote stehende Zeitfülle richtig anwende.

Die Verkleinerung räumlicher Größen durch das Hinausrücken meines geistigen Augenpunktes kann oft allein die Formen in ein Licht setzen, das ihr Wesen plötzlich viel klarer erkennen läßt. Von einem hochgelegenen Punkte im Gebirge um mich blickend, sehe ich eine Menge beckenförmiger Einsenkungen, deren Breite oft ihrer Länge gleichkommt. Sehe ich nun diese Szenerie durch die Reihe der Jahrtausende an, die sich zwischen sie und mich stellen, fasse ich sie also erdgeschichtlich auf, so gewinnen jene Becken an Länge und Tiefe und werden die Rinnen, in denen ich das Wasser das Gebirge ununterbrochen umspülen sehe, seine Wege von den Höhen nach dem Fuße suchend, dabei kleinste Teile des Gebirges hinabtragend, dessen ganze Erhebung in die Tiefe verschiebend, bis die Arbeit unten angelangt, bis das Gebirge verschwunden ist. Die Zeit gibt mir die richtige, die kosmische Perspektive, durch die ich die Stellung dieser Bildungen in der Geschichte der Erde, ihre Funktion erkenne, und so führt mich die Zeit auf das Wesentliche auch in der Form.

Die sogenannte Kant-Laplacesche Auffassung von der Entwickelung des Sonnensystems.

Ein Blick in die Sternenwelt zeigt uns ein Nebeneinander der verschiedensten Zustände. Wie wir in unseren Wäldern dieselbe Baumart gleichzeitig in allen Stufen des Wachstums sehen und aus dem Anblick dieser Koexistenz den Eindruck fortschreitender Lebensentwickelung schöpfen, so erkennen wir auch in dem großen Weltgarten die verschiedensten Stadien allmählicher Sternbildung. „Der Prozeß der Verdichtung, den Anaximenes und die ionische

Schule lehrte, scheint hier gleichsam unter unseren Augen vor sich zu gehen.“ (Alexander von Humboldt.) Bei der undenkbaren Kleinheit der Zeitabschnitte, die wir selbst beobachten, liegt in diesem Nebeneinander der Erscheinungen, die zu zeitlich ungeheuer weit entfernten Entwickelungsstufen gehören, die Möglichkeit des Einblicks in die Entwickelung selbst. Allerdings muß es uns gelingen, diese Entwickelungsstufen so übereinander zu ordnen, wie sie in der Natur aufeinander folgen, so daß wir Art und Grad ihrer Verwandtschaft zu erkennen oder wenigstens zu ahnen vermögen.

Gehen wir von den Weltkörpern aus, die der Erde zunächst stehen, so sehen wir im Sonnensystem eine durch mannigfache Beziehungen verknüpfte natürliche Gruppe. Kant beginnt den zweiten Teil seiner Naturgeschichte des Himmels, in dem er „von dem Ursprunge des planetarischen Weltbaues“ spricht, mit der Hervorhebung des Gemeinsamen in Gestalt, Richtung und gegenseitiger Lage der Planetenbahnen. Er rechnet dazu auch, daß Unterschiede in der Bewegung der näheren und ferneren Planeten zu den verschiedenen Entfernungen derselben im Verhältnis zu stehen scheinen, und schließt mit der Bemerkung: „wenn man all diesen Zusammenhang erwägt, so wird man bewogen, zu glauben, daß eine Ursache, welche es auch sei, einen durchgängigen Einfluß in dem ganzen Raume des Systems gehabt hat, und daß die Einträchtigkeit in der Richtung und Stellung der planetarischen Kreise eine Folge der Übereinstimmung sei, die sie alle mit derjenigen materiellen Ursache gehabt haben müssen, dadurch sie in Bewegung gesetzt worden“. Seine Hypothese des Ursprungs des Planetensystems entwickelt er dann in folgender Weise: diese Gemeinsamkeiten deuten auf einen einst innigeren materiellen Zusammenhang alles im Raume befindlichen Stoffes. Ist heute der Weltraum nahezu leer — ich schalte hier ein, daß Kant aus philosophischen Gründen den leeren Weltraum ablehnte — so muß er einst von den Körpern, die jetzt weitgetrennt in ihm schweben, in ausgebreiteter, verdünnter Form erfüllt gewesen sein, und in diesem Zustand empfing die Materie den Anstoß zu den gleichartigen Bewegungen, welche den Körpern des Planetensystems ihren Familiencharakter aufprägen. Offen bleibt die Rätselfrage: woher kam diese Bewegung? Einmal vorhanden, vermochte sie schwerere Teilchen, sich zu vereinigen, und sammelte die leichteren um schwerere Kerne an, wobei das Bestreben, geradlinig diesen Schwerpunkten zuzustreben, mit der geringen Kraft der Zurückstoßung der einzelnen Teilchen sich zur Bildung von kreislinigen Bewegungen verschmolz, die leichteren und entfernteren Teile der Materie im Kreis um den Körper im Mittelpunkte sich bewegen ließ. Aus einer Masse von unregelmäßigen Wirbelbewegungen entstehen dann durch wechselseitige Regelung und Abgleichung die gleichmäßigen Bewegungen. So war der Anfang der wunderbaren Regelmäßigkeit in den großen Zügen unsers Planetensystems.

Die Ansichten von Laplace (1796) ruhen auf demselben Grunde wie die Kants. Wir finden auch bei ihm die Übereinstimmungen in den Bewegungen der Planeten und Trabanten um die Sonne, die geringen Abweichungen in den Neigungen und Exzentrizitäten der Planetenbahnen, die Abplattung der rasch sich bewegenden Planeten. Als Nebengründe führte er noch an die Dichtigkeit der inneren Planeten, die geringere Dichtigkeit des Mondes, die größere Satellitenzahl der äußeren Planeten und ihre raschere Umdrehung. Diese sozusagen familienhaften Ähnlichkeiten führten ihn auf die Annahme einer Grundursache. Als solche bestimmte er die um sich selbst sich bewegende Nebelmasse einer Ursonne, die einst den ganzen Raum ausfüllte, den jetzt die Planeten einnehmen. Er verglich sie mit einem Nebelfleck mit leuchtender Verdichtung (s. die Abbildung, S. 89).

Als die Spektralanalyse zur Erkenntnis der großen stofflichen Übereinstimmung der Körper des Sonnensystems führte, widersprach nichts in den neuen Entdeckungen der Kant-Laplaceschen

Hypothese. Aber sie empfing auch keine Förderung davon. Die von Zöllner gegebene Weiterbildung dieser Lehre durch die fünf Stadien des glühenden Nebels, der reinen Glutflüssigkeit, der Schlacke, der Schlackenhülle, der vollständigen Oberflächenerkaltung, enthält nur eine Auseinanderlegung des Grundgedankens ohne neue, überzeugende Zuthat. Der Schlackenzustand galt ihm durch die Sonne für bewiesen, aber die Sonnenforschung erkennt in den Sonnenflecken (s. oben, S. 78) keine Schlackenhaufen mehr.

Kann das Vorkommen derselben Elemente in der Sonne, in Fixsternen und selbstleuchtenden glühenden Nebeln etwas für die Kant-Laplacesche Ansicht beweisen? Die stoffliche Übereinstimmung der Sonne, der Erde und der Meteoriten an sich schließt für das Sonnensystem ebensowenig die Herstammung aus zusammenstürzenden Meteoriten aus, wie sie die Entstehung aus dem sich zusammenziehenden und gleichsam in sich selbst zerfallenden Urnebel begünstigt.



Nebel Messier 74 in den Fischen. Nach einer Photographie von Isaak Roberts. Vgl. Text, S. 88.

Die letztere Erklärung für die Entstehung unsers Sonnensystems ist historisch geworden, und nur vereinzelter Widerspruch erhebt sich gegen ihre unbedingte Geltung. Viele Geologen bauen auf sie geographische Schlüsse mit einer Sicherheit, als wäre sie eine festgestellte Wahrheit. Ist es nun für den Geographen wünschenswert, daß er sich durch eine einzige Erklärung, die nicht die einzig mögliche ist, den Blick beschränkt? Für ihn ist die Folgerung aus dieser Anschauung das feurigflüssige Erdinnere mit seinen weitreichenden Wirkungen auf die Auffassung der Gebirgsbildung und des Vulkanismus. Wir werden sehen, daß gerade dieser Schluß nicht zwingend sein darf.

Das Interesse unbefangener Betrachtung tellurischer Vorgänge fordert uns auf, auch andre Erklärungen, wie unser Sonnensystem entstanden sein könnte, zu prüfen, die zudem vielleicht nicht das Ganze der Kant-Laplaceschen ausschließen. Hat doch schon Kant in seiner „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ (1755) der Attraktion in der Bildung der einzelnen Planeten eine große Stelle eingeräumt, denn er läßt „die zerstreuteren Elemente dichterer Art vermittelst der Anziehung aus einer Sphäre rund um sich alle Materie von minderer spezifischer Schwere sammeln“. Die weniger dichten Gruppen fallen nach den dichteren hin, und so hat man sich die ganze Entwickelung von einem Keim ausgehend zu denken, der schnell fortwächst und, je größer er wird, um so stärker die ihn umgebenden Teile zur Vereinigung zwingt. Daß Kant in dieser ganzen Entwickelung ursprünglich der Wärme keine Stelle anwies, weder von einem glühenden Gasball wie Laplace, noch von einem glühendflüssigen Erdinneren sprach, trennt seine Lehre scharf von der der Plutonisten, die seit 1785 aufkam.

Uns interessiert an Kants Erklärung, die nicht der durchsichtigste Teil seines kühnen Gedankenbaues ist, die Annahme, daß vor der Regelung dieser verschiedenen Bewegungen um die Sonne eine Menge von Körpern von den bereits verdichteten, besonders von der schon mächtig gewordenen Sonne in ihre Bewegung mit hineingerissen, gleichsam angegliedert wurden, so daß also die leichteren auf Kosten der schwereren ihre Selbständigkeit verloren. Darin liegt an und für sich nichts, was uns zwänge, die Entstehung des Sonnensystems gerade auf einen Urnebel zurückzuführen, einen glühenden Ball, der alles in gasförmigem Zustand enthielt, was dann als Luft, Wasser und Erde sich aussonderte.

Wer begriffe nicht den Wunsch nach einer einheitlichen Welterklärung! Muß aber eine solche gerade vom Urnebel ausgehen? Wäre es nicht besser für uns, den Versuch zu machen, einmal von der Erde den Ausgang zu nehmen, die wir kennen und greifen? Allerdings wissen wir jetzt, daß es solche Urnebel gibt: Nebelflecke, die sich nicht in Sterne auflösen lassen, vielmehr eignes Licht aussenden. Auch das Feuer oder die Feuerwirkungen, die davon ausstrahlen sollten, sind in der Sonne, an der Erde, am Mond und in den Meteoriten sichtbar. Was zwingt uns aber, den Urnebel gerade an den Anfang der Entwickelung unseres Sonnensystems zu setzen, da auch Körper in andern Aggregatzuständen in großer Zahl im Weltraum schweben?

Herschel hat, als er den Saturn entdeckte, den ersten großen Widerspruch gegen die Kant-Laplacesche Hypothese mitentdeckt: die äußeren Monde des Saturn bewegen sich von Osten nach Westen, und in einer Ebene, die fast senkrecht auf der der übrigen Planeten und Monde unsers Sonnensystems steht. Und um den später entdeckten Neptun bewegt sich ein Mond in derselben Richtung. Später sind auch bei einer ganzen Anzahl von Planetoiden zwischen Mars und Jupiter starke Abweichungen von der normalen Bahnebene nachgewiesen worden. Damit ist nun eine der Säulen der Kant-Laplaceschen Hypothese erschüttert: die Einheit der Ebene, in der die Umdrehungen sich vollziehen, und die Übereinstimmung der Richtungen sind nicht mehr streng gewahrt. Und doch müßten die Glieder des Sonnensystems und ihre Bewegungen ungleich viel ähnlicher sein, wenn ihre ganze Geschichte in der Kant-Laplaceschen Erklärung umschlossen sein sollte. Schon der Massen- oder Gewichtsunterschied des Mondes und der Erde ist zu groß, als daß der Mond als ein abgelöstes Stück der Erde aufgefaßt werden könnte. Das spezifische Gewicht des Mondes ist wenig mehr als die Hälfte des spezifischen Gewichtes der Erde; sein Volumen ist zwar ein 1/50 von dem der Erde, aber seine Masse nur 1/80 von dieser. Trotz der räumlichen Nähe der beiden Weltkörper muß man an eine getrennte Entstehung denken. Die geringere Dichte des Mondes darauf zurückzuführen, daß er von der Außenseite der Erde sich losgelöst habe, will nicht mit der äußerst dünnen Beschaffenheit seiner Atmo- und Hydrosphäre stimmen.

Als Kant seinen Gedankenbau errichtete, schienen ihm die Körper des Sonnensystems einsame Massen in einem weiten, leeren Raume zu sein. Eine äußerst dünne Materie im Weltraume mochte er höchstens erdgeschichtlich als Rest des Urnebels ansehen, der der Verdichtung entgangen war. Eine solche Auffassung ist jetzt nicht mehr möglich. Selbst wenn wir ihre Erklärung der Entstehung des Sonnensystems annehmen, kann die Erde und können andre Glieder des Sonnensystems nicht als Körper aufgefaßt werden, die auf einer Entwickelungsbahn ungestört fortschreiten, die ihnen durch ihre erste Entstehung vorgezeichnet ist. Nur in Wechselbeziehungen mit ihrer Umwelt sich fort- oder rückbildend sind sie uns denkbar. Diese Umwelt ist aber nicht leer, und daher bedeuten diese Wechselbeziehungen Zuwachs und vielleicht auch Abgabe.

Hier treten die Meteoriten in ihrer Bedeutung für die Erde hervor. Als der Gedanke ausgesprochen wurde, daß der Ersatz für die unablässig ausgestrahlte Sonnenenergie in dem Hineinstürzen unzähliger Meteoriten in die Sonne liegen könnte, deren Fallgeschwindigkeit dabei in Wärme verwandelt werde, konnte die Notwendigkeit dieser Bewegungen nicht geleugnet werden; man konnte nur zweifeln, ob die dadurch der Sonne zugeführte Energie den Strahlungsverlust auszugleichen vermöchte. Wir sind in derselben Lage gegenüber den Hypothesen von der Entstehung der Erde aus zusammengestürzten kleinen Weltkörpern. Nordenskiöld ist durch die Funde von angeblichem Meteorstaub auf dem Inlandeis Grönlands auf die Frage geführt worden, ob nicht die beständige Anhäufung von Meteoriten um einen Kern im Laufe der Jahrmillionen den Erdball bilden konnte? Und Lockyer ist zu einer Meteoritenhypothese, die alle Weltkörper aus Meteoritenschwärmen entstehen läßt, sei es durch Zusammenballung oder durch Zusammenstoß und Auflösung, im Verlaufe spektralanalytischer Untersuchungen geführt worden. Von der geologischen Seite sind Chamberlin und James Geikie in der Ansicht zusammengetroffen, daß die Reaktionen des Erdinnern gegen die Erdoberfläche am besten mit der Entstehung der Erde aus zusammengestürzten Meteoriten zu erklären seien. Der Geograph hat keine Veranlassung, soweit zu gehen; er wird aber um so fester daran halten müssen, daß, wie auch der Erdkern entstanden und beschaffen sein möge, die Erdoberfläche und die Erdrinde mit Staub und Trümmern des Weltraums durchsetzt und bedeckt sind.

Die Größe der Erde.

Die Größe der Erde wird durch folgende Zahlen ausgedrückt: Äquatorialer Durchmesser 12,755 km, polarer Durchmesser 12,712 km, Umfang am Äquator 40,070 km, Oberfläche 510 Mill. qkm. Mit diesen Maßen ist die Erde immerhin noch einer der kleinen Körper des Sonnensystems. Die Sonne übertrifft im Durchmesser die Erde um das Hundertneunfache. Die Durchmesser von Erde und Venus verhalten sich wie 1: 0,946, Erde und Mars wie 1:0,829, Erde und Merkur wie 1: 0,373. Die sogenannten oberen Planeten: Neptun, Uranus, Jupiter, Saturn, sind alle größer als die Erde, Uranus 3,9mal, Jupiter 10—11mal dem Durchmesser nach. Zum Durchmesser des Mondes verhält sich der der Erde wie 11 zu 3. Diese Vergleiche mögen uns über das orientieren, was man unsre Rangstellung unter den Gliedern des Sonnensystems nennen könnte; sie sagen jedoch wesentlich nur Äußerliches aus.

Dagegen liegt ein unausschöpfbarer Quell mannigfaltigster Beziehungen zu allen Teilen und Geschöpfen der Erde selbst verborgen in der Größe des Planeten und besonders in der schon genannten Zahl 510 Millionen qkm. Denn die Größe der Erde gibt das Grundmaß für die Größe aller geographischen Dinge. Alle irdischen Größen sind Bruchteile von der Größe des Planeten. Sind doch selbst die bürgerlichen Maße den Erdmaßen entnommen. Die 510 Millionen qkm der Erdoberfläche liegen vor uns wie ein gewaltiges Reservoir von Raum, aus dem zu schöpfen ist. Nennen wir diesen Raum mit kurzen Worten Erdraum. Ein kurzer, einfacher Name soll uns die mächtigste Raumeinheit auf der Erde bezeichnen. Der Erdraum ist gewaltig und doch begrenzt. In der Fülle dieses zur Verfügung stehenden Raumes ebensowohl wie in seiner Begrenzung liegt das Werden und Vergehen tellurischer Erscheinungen. Wir sehen die ozeanischen und kontinentalen Wirkungen, die polaren und die äquatorialen Gegensätze im Luft- und Wassermeer aufeinandertreffen und einander Raum abgewinnen. Wir werden bei näherer Betrachtung finden, wie die ganze Lebensentwickelung ein Kampf um den Raum ist. Ja, die

Zusammendrängung des Lebens auf diesen verhältnismäßig engen Raum der Erde ist wohl die größte Triebkraft in der nie ruhenden Weiterentwickelung der Lebewesen.

Sobald ich von einer tellurischen Größe spreche, bezeichne ich ein Verhältnis zur Größe der Erde. Eine einfache Betrachtung der Folgen dieses Verhältnisses kann uns lehren, wie wenig es nur ein Zahlenverhältnis ist: die Wirkungen tellurischer Kräfte sind das, was sie sind, unter anderm auch wegen der Größe des Raumes, den ihnen diese Erde gewährt. Dadurch werden aus Größenverhältnissen Wesensverhältnisse. Wenn wir in der physischen Erdkunde Erdteile und Inseln, Ozeane und Meere, Ströme und Flüsse nach der Größe unterscheiden, so liegt in jedem dieser Größenunterschiede immer auch ein Unterschied der natürlichen Eigenschaften. Selbständigkeit und Dauer, Wirkungsweite und innere Mannigfaltigkeit wachsen mit der Größe. Auch in der Menschheit sind zwar die australische oder die Negerrasse schärfer unterschieden und reicher an besonderen Merkmalen als die mongolische, aber da diese einen zehnmal so großen Raum einnimmt als jene, bietet sie entsprechend mehr Abwandlungen und hat besonders in der Kulturentwickelung einen um so viel größeren Reichtum erzeugt. Von den 510 Millionen qkm der Erdoberfläche sind 145 Millionen qkm Land. Das bedeutet ein Übergewicht der Wasserfläche, deren Folgen für das Klima solche sind, daß wir von einem ozeanischen Klima des Planeten sprechen dürfen, trotz örtlich nicht wenig ausgedehnter Wüstenbildungen. Aber diese höchst wichtigen klimatischen Folgen, von denen unmittelbar die Verbreitung des Lebens auf der Erde, auch des menschlichen, abhängt, könnten auf einem größeren Planeten nicht dieselben sein, auch wenn das Verhältnis von Land und Wasser das gleiche bliebe. Denn die Kräfte, die verdunstete Feuchtigkeit des Meeres über das Land hinzutragen, würden nicht mit der Größe des Planeten wachsen. Die Wasserwirkungen würden also kleiner sein. Wir schließen daraus, daß sie auf unsrer Erde deshalb so sind, wie wir sie finden, weil die Erde diese bestimmte Größe hat.

Zu dem gleichen Ergebnis kommen wir, wenn wir das Verhältnis zwischen dem Leben der Erde und ihrer Größe betrachten. Unter der Annahme einer auch nur zwei- oder dreimal so großen Erde würde die organische Schöpfung, den gleichen Grad von Wanderfähigkeit vorausgesetzt, einen durchaus andern Charakter aufweisen. Die Fäden der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Organismen, man mag sie im Kampf ums Dasein gipfeln lassen oder nicht, würden über viel weitere Räume sich ausspannen müssen, und es ist die Frage, ob diese Fäden dann nicht zerreißen müßten. Es scheint keine Wechselwirkung zwischen der Größe der Erdteile und der Größe der einzelnen Organismen zu bestehen; besonders ist die Entwickelung derjenigen tierischen und pflanzlichen Organe, welche die Wanderfähigkeit vermehren, der Flügel, der Samenanhänge und dergleichen nicht größer zu denken, da ja die vorhandenen schon heute nicht zur Überschreitung einer vollen Meeresbreite genügen, sondern nur über schmälere Meeresteile und von Insel zu Insel wegzutragen vermögen.

Die Möglichkeit der Ausbreitung des Lebens und wiederum seiner Zusammenziehung in sondernde Gebiete, die Sonderentwickelungen gestatten, erschöpft sich also mit 510 Millionen qkm. Dieser Raum und kein andrer ist dem Leben auf der Erde angewiesen; denn ihn muß alles, was auf der Erde sich bewegt, durchmessen, in ihm muß es wieder umkehren, sich selber begegnen und alte Wege neu beschreiten. Aus diesem Raume sind alle andern Räume der Erde herausgeschnitten: die Meere, Erdteile, Länder. Erwägt man die Lebensmöglichkeiten, so wird dieser Raum noch eingeschränkt sowohl durch die bekannte Verteilung des Wassers und des Landes als auch durch die Ausbreitung großer Eismassen um die beiden Pole, sowie die Erhebung mächtiger Gebirge bis zu lebensfeindlichen Höhen. Dem Menschen sind nicht ganze zwei Dritteile

der Erdoberfläche als Raum zum Wohnen und Verkehren gestattet. Was wir Einheit des Menschengeschlechtes nennen, und was den Biologen in der organischen Welt von heute als Einförmigkeit erscheint, wurzelt in dieser Beschränktheit des Raumes.

Die Größe der Erde kann nicht unveränderlich sein. Veränderungen werden nach einer weitverbreiteten Auffassung von innen heraus dadurch bewirkt, daß die einst warme Erde erkaltete, noch immer weiter erkaltet und bei diesem Prozesse sich zusammenzieht. Fast alle Körper ziehen sich beim Erkalten zusammen, schrumpfen ein, und die Erde würde davon selbst dann keine Ausnahme machen, wenn ihre Wärme nicht das Erbteil eines planetarischen Urnebels, sondern etwa nur das Erzeugnis innerer Zersetzungen wäre. Eine große Schule von Geologen führt auf solche Prozesse die großen Unebenheiten der Erdoberfläche und besonders die Bildung der Gebirge zurück.

Daß die Erde auch durch gewaltsame Auswürfe an Stoffen verlieren kann, hat der in die höchsten Teile der Atmosphäre hinausgeschleuderte Staub bei der Explosion des Krakatoa bewiesen (s. oben, S. 72, und im Abschnitt „Vulkanismus“). Auf der andern Seite kommen ihr unablässig Bereicherungen aus dem Weltraume zu, die für die Zunahme der Masse der Erde in langen Zeiten sicherlich von größrer Bedeutung sind, als man gemeinhin anzunehmen willens ist; das sind die Meteoriten, der Meteorstaub und verwandte Körper. Man vergleiche das oben, S. 76, darüber Gesagte.

Kugel, Sphäroid, Geoid.

Man spricht gewöhnlich von einer Erdkugel, wiewohl die Erde mit ihrer Abplattung von 1/299 des Halbmessers ein ausgesprochenes Sphäroid ist. Die Erde ist auch eine Kugel im Munde der Dichter und in den Nachbildungen der Künstler. Erinnern wir uns weiter, daß auch die verkleinerten Erdbilder unsrer Karten und Globen die Kugel zeichnen, so werden wir dem astronomisch ungenügenden Ausdruck „Erdkugel“ doch eine geographische Berechtigung einräumen müssen, die noch über die Anerkennung hinausgeht, daß irgend ein Grad von Wahrheit einer Bezeichnung innewohnen muß, die sich seit zweiundeinhalb Jahrtausenden erhalten hat. Es ist in der That nicht zulässig, in dem Ausdruck Erdkugel nur einen überwundenen Irrtum zu sehen. Wir arbeiten mit einer Kugel, wenn wir vom Äquator und den Meridianen als größten Kreisen, wenn wir von Parallel-, Wende- und Polarkreisen sprechen, den Horizont als Kreis auffassen und der Erde einen mit dem Schwerpunkte zusammenfallenden Mittelpunkt geben. Vor allem gründen sich fast alle Karten auf die Verebnung von Kugelflächen, weshalb Kreise und Kreisbögen in den Kartenentwürfen erscheinen. Ein Blick in die Geschichte der Ansichten über die Gestalt der Erde zeigt uns auch, daß das Sphäroid nicht zuerst beobachtet, sondern aus der Drehung der Erde um sich selbst gefolgert worden ist (s. oben, S. 46).

Sphäroid und Ellipsoid sind gleichwertige Ausdrücke. Das Sphäroid entsteht durch die Drehung einer Ellipse um ihre kleine Achse, so wie die Kugel durch die Umdrehung eines Kreises um seinen Durchmesser. Deswegen gibt jeder Schnitt durch den Mittelpunkt in der Richtung der Achse beim Sphäroid eine Ellipse, wie bei der Kugel einen Kreis. Der Ausdruck Sphäroid statt Ellipsoid hat, auf die Erde angewendet, das für sich, daß er auf die Grundgestalt zurückweist, die Kugel, aus der wir uns das Sphäroid, als Abwandlung der Kugel, entstanden denken. Alle Körper unseres Planetensystems, soweit man sie der Messung unterwerfen kann, zeigen die polare Abplattung als ein Familienmerkmal, das von Wichtigkeit ist für die Erklärung ihrer Entwickelung. Es ist zugleich das Merkmal einer gemeinsamen Geschichte. Nichts

in den äußeren Eigenschaften der Erde reicht so weit in ihre Vergangenheit zurück wie die polare Abplattung.

Die Beweise für die Kugelgestalt der Erde haben, im Grunde genommen, keine praktische Bedeutung mehr in einer Zeit, wo man die Erde als Sphäroid und Geoid auffaßt. Sie behalten indessen einen elementar-pädagogischen Wert für alle Zeiten, denn jeder junge Geist muß wieder dem Begriff einer flachen Erde, die ihn der Augenschein lehrt, entfremdet werden. Außerdem gehören die Beweise für die Kugelgestalt der Erde zu dem ehrwürdigsten Besitze der Menschheit an Erziehungsmitteln des Geistes. Insofern haben sie auch einen unbestreitbaren geschichtlichen Wert. Man mag lächelnd auf die Beweise für die Kugelgestalt der Erde herabschauen, die darauf hinauslaufen, eine gleichmäßig gekrümmte Erdoberfläche wahrscheinlich zu machen, wobei aber die Möglichkeit gleichmäßig offen bleibt, auf eine Gestalt zu kommen, die der Pflaumen- oder Birnen- oder Apfelform sich nähert. Beweise waren notwendig, um aus der Anschauung der Fläche herauszuführen. Uns sind die Kreisform des Horizonts, das allmähliche Hinabtauchen und Aufsteigen eines Schiffes am Horizont, der runde Erdschatten bei Mondfinsternissen von der Schulbank her vertraut, und es ist höchstens noch nötig, darauf hinzuweisen, daß alle diese Beweise wertlos sind, so lange sie vereinzelt bleiben. Ich will ja nicht die Krümmung der Erde an einer Stelle, sondern die Kugelgestalt nachweisen, die überall gekrümmte Flächen voraussetzt. Es müßten also alle diese Beobachtungen, um beweiskräftig zu sein, tausendfach wiederholt worden sein. Deswegen ist ein höherer Wert der Thatsache beizulegen, daß der Wechsel im Stande der Fixsterne von Breitengrad zu Breitengrad sich gleichmäßig wiederholt. Fahren wir auf dem Meer in einer geraden Linie gegen den Nordpol zu, so erhebt sich der Polarstern immer höher über den Horizont, je weiter wir nordwärts vorschreiten. Mit der Entfernung vom Äquator wächst die Höhe des Polarsternes über dem Horizont: unsere Polhöhe. Auf diesem geraden nordsüdlichen Wege entsprechen gleichen Entfernungen auf der Erde immer auch gleiche Entfernungen am Himmel.

Einer ganz andern Klasse von Erwägungen gehört das freie Schweben der Erde im Raume an. Die Erde ist nicht gestützt. Eine sich selbst überlassene Masse kann aber nur dann im Gleichgewicht sein, wenn sie eine kugelförmige Gestalt annimmt. Die Gleichmäßigkeit der Erdbewegung selbst, aber auch die Gleichmäßigkeit der Bewegung des Mondes um die Erde: beide bezeugen, daß der Schwerpunkt mit dem Mittelpunkt im wesentlichen zusammenfällt, d. h. sie weisen auf die Kugelform hin, ebenso der Umstand, daß die Schwere überall auf der Erde nur kleine Unterschiede zeigt. Daß auch andre Himmelskörper sich der Kugelform nähern, besonders Sonne und Mond, gehört zu den ältesten Voraussetzungen für die Kugelgestalt der ihnen naheverwandten Erde.

Seltsam mag es klingen, wenn man sagt: Eigentlich ist die Grundlage, auf welche die Voraussetzung der Kugelgestalt zuerst gebaut wurde, auch heute noch die wissenschaftlich zulässigste, denn allerdings lehrt das beständige Wiederkehren sphäroidaler Abwandlungen der Kugelgestalt, daß in ihnen eine in der Entwickelung wenigstens des Sonnensystems ruhende Notwendigkeit sich aussprechen müsse. Eine fallende Flüssigkeitsmasse nimmt Kugelgestalt an; aus weitem Raum auf einen gemeinsamen Anziehungspunkt zusammenstürzende feste Körper ordnen sich kugelförmig um diesen Anziehungspunkt, und in Form von Sternen, deren Strahlenspitzen in Kreise einzufassen sind, schießen kristallisierende Körper um den Kristallkern an. Es ergibt sich also für den mit Pendel und Nivellement arbeitenden Geodäten, der die Gestalt der Erde als ein von der Kugel sich nicht allzu weit entfernendes, unregelmäßiges Sphäroid bestimmt hat, ein ähnliches Resultat wie für den Physiker und Astronomen, dessen Theorien eine in ihren allgemeinen Grundzügen gleiche Gestalt erfordern. Beobachtet dieser den Einfluß einer derartigen Gestalt der Erde auf die Bewegungen benachbarter Weltkörper, besonders die des Mondes, dann kann er, wie Laplace sagte, „ohne seine Sternwarte zu verlassen“, durch Vergleichung der Mondtheorie mit den wirklichen Beobachtungen die Gestalt und Größe der Erde erkennen.

Den ersten genauen Beweis für die Abplattung der Erde haben erst die Messungen mit dem Pendel geliefert. Galilei hatte die Schwerkraft in den Pendelschwingungen erkannt. Von der Erde angezogen, fällt das Pendel bis zu einem tiefsten Punkt und steigt, der Trägheit folgend, jenseits wieder an. So vollendet sich eine Schwingung. Im Jahre 1672 stellte der französische Astronom Richer Versuche mit dem Pendel in Guayana 5° nördlich vom Äquator an und fand, daß dieses hier langsamer schwang oder nachging; er mußte es verkürzen, um

den regelmäßigen Gang herzustellen. Die Erscheinung wiederholte sich, und es wurde klar, daß die Schwerkraft in Cayenne geringer sei als in Paris. Das ist für uns ein Beispiel des Gesetzes, daß bei Bewegungen nach oder von dem Mittelpunkte der Erde die Geschwindigkeit mit der Entfernung des bewegten Punktes von dem Mittelpunkte der Erde abnimmt. Seitdem hat man an vielen Stellen der Erde Pendelbeobachtungen angestellt, die alle zu dem gleichen Ergebnisse führten, daß vom Äquator nach den Polen die Schwere zunimmt. Die der Schwere entgegenwirkende Fliehkraft erklärt nicht ganz diese Veränderung. Wenn ein Pendel, das in Berlin 994,26 mm lang ist, unter dem Äquator auf 990,94 mm verkürzt werden muß, so liegt das in der äquatorialen Anschwellung der Erde und in ihrer polaren Abplattung. Man hat die Abplattung durch Pendel auf $1/292$ bestimmt, aus verschiedenen Gradmessungen hat man später die mittlere Größe $1/299$ gewonnen.

Weder die Gradmessungen noch die Pendelversuche haben eine streng mathematische Erdform nachzuweisen vermocht; daher ist schon im vorigen Jahrhundert die Meinung ausgesprochen worden, es sei die Erde gar kein regelmäßiges Sphäroid. Ja, man unterschied bereits zwischen einer wirklichen Erdgestalt und einer schematisch-regelmäßigen, zu der sich jene verhalten sollte wie die unebene Oberfläche eines bewegten Wassers zu der ebenen Oberfläche eines ruhigen. Als man die Lotablenkungen in Ebenen kennen lernte, fand man so viele kleine Abweichungen von der strengen Sphäroidalfläche, daß man sich mit der Unregelmäßigkeit der Oberfläche des Erdfesten vertraut machte und den Gedanken aufgab, durch Schweremessungen mit dem Pendel die Erdgestalt erforschen zu können. Aber um so fester wurde die Vorstellung von dem regelmäßig gewölbten Meeresspiegel festgehalten. Daß Gezeiten und Winde die gleichmäßige ebene Wölbung desselben im kleinen stören können, daran konnte man um so weniger zweifeln, als schon der Augenschein lehrt, daß der Wind, der stetig und stark aus einer Himmelsgegend weht, das Meer um 3—4 m in einer Richtung aufstauen kann. Auch weiß man, daß unter dem schwankenden Druck der Atmosphäre das Meer wie ein großes Wasserbarometer steigt und fällt. Man hielt aber daran fest, daß es ein mittleres Durchschnittsniveau des Meeres gebe, und erkannte gerade darin einen wichtigen Fortschritt über die Annahme verschiedener Wasserhöhen in nahegelegenen Meeren, die noch in den ersten Jahrzehnten unsers Jahrhunderts als ein Grund gegen die Möglichkeit eines Kanals zwischen Mittelmeer und Indischem Ozean angeführt wurde. „Die mathematische Figur der Erde ist die mit nicht strömendem Wasser bedeckte Oberfläche der Erde“, wurde dogmatisch gelehrt und geglaubt.

Dieser idealen Erdgestalt steht die physische mit allen Zufälligkeiten und Unebenheiten des Starren gegenüber. Während wir heute wissen, daß jene beiden Meere dort, wo sie der Kanal von Sues verbindet, praktisch denselben Wasserstand haben, ist für uns der Unterschied der Höhe des Wasserspiegels zwischen den inneren und randlichen Teilen eines und desselben Meeres größer als man früher jemals ahnen mochte. Das durchschnittliche spezifische Gewicht der Festlandmassen ist 2,7, das des Meeres schwankt um etwas über 1, ist 1,026 im Atlantischen Ozean, 1,027 im Mittelmeer. Da aber die Anziehung des Meeres durch das Land meerwärts rasch abnehmen muß, liegt auch der Meeresspiegel an den Küsten höher als auf hoher See. Auch muß man annehmen, daß er im Laufe der Erdgeschichte mit den Schwankungen der Höhe der Länder über dem Meere sich örtlich verändert hat. So muß z. B. die diluviale Eisüberlagerung bei gleicher Höhe die Anziehungskraft des Landes auf das Meer verstärkt haben. Aber außerdem lehren die Schweremessungen eine höchst unregelmäßige Verteilung der Massen in der Erde, die ebenfalls nicht ohne Wirkung auf die Erdgestalt sein kann. Und so muß die

Erdoberfläche aus vielen Flächen bestehen, die verschieden weit entfernt vom Mittelpunkte der Erde liegen und daher ein ungleiches Krümmungsmaß haben. So scheint der noch nicht 20 Grad messende Meridianbogen von Drontheim bis Livorno in seinen nördlichen und südlichen Dritteln stärker gebogen zu sein als in der Mitte. Man muß überhaupt darauf verzichten, die Erde durch einen so einfachen Körper wie ein Sphäroid darzustellen. Man kann die Eigenschaften der wirklichen Erdoberfläche, die man Geoidfläche nennt, nicht in einer kurzen Formel aussprechen, wie die Eigenschaften der Kugel oder des Sphäroids. Die Bestimmung: das Geoid umschließt die ganze Summe der Abweichungen vom Rotationssphäroid ist nur negativ. Sie deutet zugleich an, daß auf das Rotationssphäroid die großen Züge der Gestalt der Erde immer zurückzuführen bleiben.

Die große Zukunftsaufgabe der Erdmessung wird die möglichst genaue Bestimmung dieser unregelmäßig undulierenden Fläche sein. Nur eine große Menge von Einzelbeobachtungen kann dieser Aufgabe gerecht werden. Früher konnte eine Gradmessung genügen, um die Erdgestalt zu bestimmen, heute müssen viele kleine Messungen die großen ergänzen. Und an diesem Werke der Herausarbeitung der einzelnen Züge in der großen Physiognomie der Erde beteiligt sich auch die Geographie durch Messung, Beschreibung und Zeichnung der Formen der Erdoberfläche.

Blicken wir zurück auf die Entwickelung der Erdmessung. Sie teilt sich in drei Abschnitte, denen die drei Anschauungen zu Grunde liegen: die Erde eine Kugel, ein Sphäroid, ein Geoid. Eratosthenes ging bei seiner Messung von der Annahme aus, daß die Erde eine Kugel sei. Mit Newton beginnt die Periode der Gradmessungen, die das Sphäroid bestimmten, wobei ebenso wie bei den Kugelmessungen mit einer einzigen Messung oder höchstens zweien die Größe und Gestalt der ganzen Erde zu bestimmen war. Die Epoche des Eratosthenes und die des Newton hatten das Gemeinsame, daß sie eine geometrisch regelmäßige Erdform voraussetzten, deren Messung an einer Stelle genügte, um die Gestalt des Ganzen klar zu machen. Ganz anders ist der Ausgangspunkt und die Methode der dritten Periode, in der wir uns heute befinden. Die Erde ist uns kein geometrisch regelmäßiger Körper, ihre Oberfläche entbehrt einer bestimmten mathematischen Form. Nur zahllose einzelne Messungen können die vielen Unregelmäßigkeiten der Erdgestalt nachweisen, werden uns aber nie mehr einen allgemeinen und einfachen Ausdruck für die Gestalt der Erde finden lassen; der gehört der Geschichte an.

Der Wunsch, die wahre Erdgestalt zu erkennen, hat uns von der großen einfachen Auffassung einer Kugel herabgeführt zu der eines unregelmäßigen Körpers, für dessen höchst mannigfaltig gestaltete Oberfläche das Bild einer narbigen Pomeranze oder eines runzeligen Apfels nicht unzulässig scheinen mag. In diesem Herabsteigen verschwindet unwillkürlich die Vorstellung von der Unveränderlichkeit der Erdgestalt. Mag das Große der Form, die Grundgestalt, beibehalten bleiben, die Geschichte dieser Erde muß die Geschichte ihrer Gestaltveränderungen sein. Lassen wir die meistenteils nur zu ahnenden innern Verschiebungen beiseite und erwägen wir die ganze mannigfaltige Reihe von vulkanischen Neubildungen, von den Inseln und Kratern bis zu den halbe Weltteile bedeckenden Staubfällen und den in riesigen Mauern sich aufbauenden Lavaergüssen, die Koralleninseln, die veränderlichen Eismassen, Gletscher, Ströme, Seen und ihre Schuttaufhäufungen, so sehen wir eine Fülle von Form- und Größenänderungen vor uns: die Gestalt der Erde ist die Geschichte der Erde. Dazu kommen die Änderungen von außen durch nicht irdische Kräfte. Nicht das Wasser allein folgt in den Gezeiten der Anziehungskraft der Sonne und des Mondes, sondern die Erde selbst erleidet als elastischer Körper vorübergehende Formveränderungen; weit größeren muß die Atmosphäre ausgesetzt sein. Da ferner die Erde aus dem Weltraume Beiträge in fester Gestalt und Gasform empfängt, muß sie auch aus diesem Grunde Formveränderungen erfahren, denn diese Bereicherungen ihrer Masse brauchen ja nicht über die ganze Oberfläche hin gleichmäßig zu erfolgen.

Die Wirkungen der Erdgestalt.

Nur ein der Kugel sich nähernder Körper dreht sich mit wesentlich gleicher Geschwindigkeit und in wesentlich gleicher Lage um sich selbst und um seine Sonne. Nur in einem solchen Körper bewahren die Pole die gleiche Lage und entwickeln um sich her Polargebiete von übereinstimmenden Eigenschaften. Die Oberfläche eines solchen Körpers besteht aus lauter Flächen von übereinstimmender Krümmung, deren Übergang ineinander überall derselbe, unmerklich, ungebrochen ist. Darauf beruht auch der entsprechende Zusammenhang der Hydrosphäre sowohl als auch der Atmosphäre, und dieser wieder ist die Voraussetzung der Einheitlichkeit in der Zusammensetzung beider und der in ihnen stattfindenden Bewegungen. Deshalb ist auf der Erde die atmosphärische Luft überall dieselbe und ist das Meer in allen fünf Ozeanen wesentlich gleich. Deswegen mischen auch die Meeresströmungen Wasser vom Südpol mit solchem vom Äquator, und die Luft, welche am Äquator aufgestiegen ist, findet ihren Weg bis zu den Polen. Erschütterungen, welche vulkanische Ausbrüche im Luftmeer hervorbrachten, hat man die ganze Erde umwirbeln sehen. Jede in gleicher Richtung fortgesetzte Bewegung auf der Erde schließt einen Kreis. Und eine Summe von Bewegungen, die von einem Punkte ausstrahlen, erreichen, wenn sie mit gleicher Kraft fortschreiten, Ziele, die in einem Kreis um den Ausgangspunkt liegen. Eine andere Summe von Bewegungen, von demselben Punkte aus, aber weitergehend, ließe sich an ihren äußersten Zielpunkten durch einen Kreis begrenzen, der konzentrisch zum ersten liegen würde.

Demnach haben wir für die Verbreitung von Wirkungen, deren Ausgangspunkt die beiden Pole sind, Kreise konzentrisch zum Polarkreis zu ziehen: in dieser Weise verlaufen die Grenzen der am weitesten äquatorwärts treibenden Eisberge oder der in der Diluvialzeit sich über weite Gebiete der gemäßigten Zone erstreckenden Eismassen. Vor allem stufen sich die klimatischen Erscheinungen in konzentrischen Kreisen ab, in deren Mittelpunkte die Pole gelegen sind, und darum konnten schon die Alten jene bekannte Teilung der Erde in die heiße, die zwei gemäßigten und die zwei kalten Zonen vornehmen. Selbst die Verbreitung der Pflanzen, Tiere und Menschen läßt eine zonenförmige Anordnung der Gebiete nicht verkennen, auch die Weltumsegelungen gehören zu jenen geschlossenen Wanderlinien.

In die Entwickelung des Lebens auf der Erde hat der Gegensatz von Pol und Äquator tief eingegriffen. In den Eiszeiten, die seit der paläozoischen Epoche sich öfter wiederholt haben, wurde das Leben durch sich ausbreitende polare Eismassen äquatorwärts gedrängt, bis es nur noch einen Gürtel um die Erde bildete, in dem die Erde nur auf längsten Wegen zu umwandern war. In den eisfreien Zeiten dazwischen standen die Wege offen, die, von den Polen strahlenförmig ausgehend, allen Teilen der Erde ähnliche Lebensformen bringen konnten. Wir sehen die Wirkungen solcher Wanderungen in der Grundähnlichkeit des Lebens der nördlichen gemäßigten Zone verglichen schon mit subtropischer Mannigfaltigkeit, und möglicherweise führen Übereinstimmungen der Lebewelt der heute weitgetrennten Länder der Südhalbkugel auf alte Zusammenhänge in einer Zeit zurück, wo der Südpol nicht vereist war.

Auch die Wohnstätten des Menschen nehmen heute nur einen Gürtel von noch nicht zwei Dritteilen der Erdoberfläche ein; die Lage und Gestalt dieser „Ökumene" ist entschieden beeinflußt durch die Größe und Form der Erdkugel. Insofern kommt auch dem Wohngebiete der Menschen eine Beziehung zur Gesamterde zu. Die Ökumene kann so groß und so gürtelförmig gestaltet nur sein, weil sie der Erde angehört. Damit ist es ausgesprochen, daß die geographische Verbreitung des Menschen ebensowenig ohne Bezugnahme auf die Gestalt der

Erde gewürdigt werden kann, wie die geographische Verbreitung irgend eines anderen diese Erde bewohnenden lebenden Wesens.

Die Abschnitte einer Kugeloberfläche sind untereinander übereinstimmender als die Abschnitte der Oberfläche irgend eines anderen, von gekrümmten Flächen eingeschlossenen Körpers. Auf keinem anderen Körper können Wanderungen und Umwanderungen so frei von Hindernissen, die durch die allgemeine Bodenform bedingt wären, sich vollziehen. Aber auch für die Ausgestaltung der Erdoberfläche in Erdteile, Inseln, Meere bringt die überall wesentlich gleich gekrümmte Kugelfläche ähnliche Verhältnisse mit sich. Wenn man den geringen Betrag der Unebenheiten und Ungleichheiten der Erdoberfläche bei einem allgemeinen Überblick gleichsam hinter dem Gemeinsamen zurücktreten sieht — nicht zufällig zeigt uns auch die Geschichte der Erdkunde die Aufsuchung von Ähnlichkeiten in Umriß- und Bodengestalt als frühes und immer wiederkehrendes Bemühen — so erinnere man sich an dieses tellurische Merkmal, die nächste Folge einer der Kugelgestalt sich nähernden Form des Planeten. Endlich hat man dies auch bei allen Betrachtungen über die verhältnismäßig so einfachen geraden Wege im Auge zu behalten, die der menschliche Geist bei der Lösung des Problems der Erdgestalt gegangen ist. Nur die sich überall ähnliche Oberfläche der Kugelgestalt konnte die Vorstellung der kreisförmigen Fläche, das Homerische Weltbild, eingeben. Auf keinem Standpunkt gibt unserem Auge die Erdgestalt Anlaß zur Abirrung von der einfachen Kreislinie des Horizontes; so konnte sich also auch nur die Vorstellung von der Erdkugel entwickeln.

Ist nun für uns die Erde keine reine Kugel mehr, so sind doch ihre Abweichungen von dieser Gestalt zu unbedeutend, als daß sie einer Sonderung in natürliche Abschnitte mehr entgegen kämen als die Kugel, der einheitlichste aller geometrischen Körper. Von dem Pentagonaldodekaëder Elie de Beaumonts und anderen im „Gerippe der Erde" gesuchten und angeblich die Einteilung der Oberfläche erleichternden Regelmäßigkeiten ist es daher längst still geworden.

So allgemein, ja allgegenwärtig die Wirkungen der Kugelähnlichkeit der Erde sein mögen, so geneigt bleiben wir doch, immer wieder zurückzukehren zu der alten, sinnenfälligen und anscheinend einfacheren Vorstellung von der Erdfläche. Wir sagen horizontal und vertikal von Bewegungen, die mit Bezug auf die Erde tangential oder radial genannt werden sollten. Unsere Karten und Reliefs, die größere oder kleinere Stücke der Erdoberfläche in eine Ebene ausbreiten, gewöhnen uns immer wieder, die Erdoberfläche in horizontaler Ausbreitung zu sehen. Erst seit den letzten Jahren bemüht man sich, auch hier die sphäroidale Grundlage hervortreten zu lassen: man schafft Reliefs, welche die natürliche Biegung der Erdoberfläche zur Darstellung bringen, und zeichnet Profile auf der wirklichen Krümmung eines Meridianbogens. Bei größeren Flächenberechnungen zieht man die Erdkrümmung in Betracht. Ein Gebirge wie die Alpen, das sich über zehn Längengrade ausdehnt, denkt man sich nicht mehr anders als auf gebogener Grundlage. Wo Bewegungen in der Erde oder gegen sie vorkommen, ist es für die Auffassung geophysikalischer Vorgänge besonders wichtig, die Wölbung dieser Grundlage zu erkennen.

Pole, Äquator und Ablenkung. Die Ortsbestimmung.

Von den zwei Bewegungen der Erde, der Drehung um ihre eigene Achse und dem Wandel auf der elliptischen Bahn um die Sonne, hat die durchschnittlich in 24 Stunden sich vollziehende Drehung um ihre Achse für den Geographen das größte Interesse. Sie gibt zur Feststellung von zwei Punkten Anlaß, den Polen, in denen die Drehungsachse die Erdoberfläche

schneidet, und einem zwischen beiden rechtwinkelig liegenden größten Kreis, dem Äquator; Pole und Äquator aber bilden die Basis für das System der Parallel- oder Breitenkreise, das von so großer Bedeutung für die Orientierung auf der Erdoberfläche ist. Eine Fülle von sachlichen Folgen ergibt sich für unseren Planeten daraus, daß bei dieser Bewegung die einzelnen Teile der Erdoberfläche sehr verschiedene Wege zurücklegen, je nachdem sie den Polen oder dem Äquator näher gelegen sind, und daß jede andere Bewegung auf der Erdoberfläche in demselben Maße stärker von diesen beeinflußt wird, als sie entschiedener in den Gebieten der kurzen oder der langen Rotationswege sich vollzieht.

Wir begegnen hier sogleich wieder einer Anwendung der Zahlen, die für die Größe der Erde anzuführen waren. Jedes Luft- oder Wasserteilchen des Planeten empfängt immer die Geschwindigkeit des Ortes, an dem es verweilt. Wenn nun die Erde sich in 24 Stunden um sich selbst dreht, so macht dieses Teilchen am Äquator einen Weg von 40,000 km in 24 Stunden, am Pol dreht es sich gleichsam nur um sich selbst. Macht nun ein solches Teilchen eine Bewegung in meridionaler Richtung, also von Süden nach Norden oder von Norden nach Süden, so kommt es in Gegenden, deren Geschwindigkeit von der seinigen abweicht. Wandert es äquatorwärts, so wachsen die Geschwindigkeiten der Orte, die es passiert, wandert es polwärts, so nehmen sie ab. Nach dem Gesetze der Trägheit strebt es, seine eigene Bewegung beizubehalten, wird aber doch auch in die des Ortes, wo es sich augenblicklich befindet, hineingezogen und folgt dieser weniger oder mehr, je nachdem die eigene Bewegung stärker oder langsamer war. Jedenfalls wird die rein meridionale, zwischen Pol und Äquator gehende Bewegung abgelenkt, und zwar immer nach rechts auf der nördlichen, nach links auf der südlichen Halbkugel. Ein aus Norden kommender Wind wird auf der Nordhalbkugel Nordost-, ein aus Süden kommender auf der südlichen Halbkugel Südostwind sein. Umgekehrt wird die im nördlichen Atlantischen Ozean polwärts, also nördlich gehende Strömung zu einer südwestlichen, die äquatorwärts, also südlich gehende zu einer nordöstlichen.

Ich kann die Lage eines Ortes auf der Erde bestimmen, indem ich angebe, in welcher Richtung und Entfernung von einem anderen Orte er sich findet; Leipzig liegt 120 km westnordwestlich von Dresden. Ich kann in dieser Weise mancherlei Angaben machen, die mehr oder weniger wichtig sind, z. B. die Entfernung und Richtung in Betracht ziehen, in der ein Ort vom Meere, von einer Grenze, von einem Flusse liegt. Das genügt, solange meine Welt ein Thal, ein Land oder ein Waldwinkel ist. Aber sobald mein Horizont wächst, sind für jeden Ort Hunderte solcher Angaben möglich. Welche werde ich dann aus dieser großen Zahl wählen, die mir für jeden Ort zu Gebote stehen? Natürlich die, die keiner Veränderung ausgesetzt ist, sich am kürzesten aussprechen und mit anderen Lagen am besten vergleichen läßt. Der Römer bezog alle Entfernungen auf Rom, und in Preußen wurden einst alle Wege von dem Obelisken auf dem Dönhoffsplatz in Berlin aus gerechnet. Wie aber, wenn ich meine Lage in einem Lande finden will, wo man weder Rom noch Berlin kennt? Wie konnte Kolumbus bestimmen, wo man sein Guanahani suchen mußte, oder Vasco da Gama die Lage der zu umsegelnden Südspitze Afrikas, so daß man sie leicht wiederfinden konnte? Da genügte offenbar nicht die Verknüpfung mit Sevilla oder Lissabon, sondern man setzte jene Insel, dieses Vorgebirge, mit den Sternen in Verbindung, indem man ihre Lage zu einem Kreis bestimmte, der überall und jederzeit wiederzufinden ist: zu dem Äquator, der seine Lage nicht ändert, auf den sich alle Punkte der Erde im Süden und im Norden am leichtesten beziehen lassen, und dessen eigene Lage jederzeit durch eine Himmelsbeobachtung festgelegt werden kann.

Das gelang, indem man die Höhe der Sonne über einem Ort an einem bestimmten Tage maß. Wenn ein Ägypter am 21. Juni die Sonne über sich im Zenith wußte, dann konnte ihm, ob es nun auf dem Lande oder auf dem Meere war, sein Priester sagen, daß er sich auf dem Wendekreis des Krebses befand, dessen Entfernung vom Äquator bekannt ist. Später sind andere Sterne an die Stelle der Sonne getreten. Dabei handelte es sich endgültig immer um die Angabe der Entfernung eines Ortes vom Äquator. Das ist die geographische Breite, die aus der Höhe der Sonne oder eines Sternes über dem Äquator, der Polhöhe, abgeleitet wird, die Polhöhe aber fand man zuerst und am einfachsten durch die Messung der Sonnenhöhe aus der kürzesten Schattenlänge, durch die direkte Messung des Winkels des Sonnenstandes, endlich durch die Beobachtung der oberen und unteren Kulmination. Nicht unpassend nannte man die Polhöhe einst Himmelshöhe. „Die Himmelshöhe dieses Ortes ist 16 Grad", sagte Heinrich von Poser, Reisender des 17. Jahrhunderts, von Masulipatam in Indien. Natürlich haben alle Orte, die auf demselben zum Äquator parallelen Kreise liegen, dieselbe geographische Breite. Nun begrenzen die wichtigsten Parallelkreise: Äquator, Wendekreis und Polarkreis die Klimazonen, die nach dem Neigungswinkel der Sonnenstrahlen (τὸ κλῖμα die Neigung) unterschieden werden, es liegt also in jeder Angabe einer geographischen Breite auch immer eine klimatische Hindeutung. Wenn ich sage, Deutschland liegt zwischen 48 und 55° nördl. Breite, so habe ich damit ausgesprochen, daß es gemäßigtes Klima hat. Und die Angabe, Hammerfest liegt unter dem 71.° nördl. Breite, ist gleichbedeutend mit einer Zuweisung Hammerfests an das arktische Klimagebiet.

Für Orte, die östlich oder westlich voneinander liegen, muß auch diese Lage, die Länge, bestimmt werden. Diese Aufgabe ist schwieriger, weil wir dabei nicht von einem größten Kreise von bestimmter und ausgezeichneter Lage, wie dem Äquator, ausgehen können; wir müssen vielmehr erst einen Kreis feststellen, von dem aus wir dann die östlichen und westlichen Entfernungen messen. Wir nehmen zu diesem Zweck eine Linie auf der Erdoberfläche an, die alle Orte verbindet, die zur selben Zeit Mittag haben, eine Mittagslinie oder einen Meridian. Das ist zunächst ein Halbkreis, der rechtwinkelig auf dem Äquatorkreis und auf allen Parallelkreisen steht. Durch diese und den Äquator wird er in 180 Teile (Grade) eingeteilt. Teilen wir den Äquator in zweimal 180 Grade und ziehen durch die Teilpunkte Halbkreise wie den oben genannten rechtwinkelig zum Äquator, so erhalten wir deren 360, von denen jedesmal zwei sich zu einem Kreis ergänzen. Wir finden also 180 Kreise, die sich alle in den beiden Polen schneiden.

So umfassen wir die ganze Erde mit einem Netz von 180 Breiten- oder Parallelkreisen und 180 Längenkreisen, bez. 360 Längenhalbkreisen, Meridianen, dessen Maschen von je zwei Längen- und zwei Breitengraden eingeschlossen sind. Teilen wir die Entfernungen von je zwei Längen- und Breitengraden wieder in 60 Gradminuten und diese in 60 Gradsekunden ein, so kann jeder Punkt der Erde genau nach seiner geographischen Breite und Länge bestimmt und, wo diese Größen bekannt sind, auf jeder Karte wiedergefunden werden. Die Bedeutung dieses Netzes für die Kartographie liegt auf der Hand. Seine Übertragung von der Kugel auf die Ebene des Kartenblattes ist die Aufgabe der Projektion, womit die letztere zur Grundaufgabe der Kartographie überhaupt wird. Denn wenn ich das Gradnetz richtig abgebildet habe, ist es einfach, jeden Ort, dessen Breite und Länge ich kenne, an seinen richtigen Platz zu setzen.

Jede Erinnerung an die Lage irgend einer Stelle auf der Erde ist im Grunde eine Art von Ortsbestimmung. Ich suche von einem Punkte, den ich im Sinne habe, die Lage zwischen Norden und Süden, Osten und Westen zu bestimmen, d. h. seine annähernde geographische Breite und

Länge zu finden. Einzelne Stellen mag ich durch ihre Lage zu Meeren, Bergen, Flüssen und dergleichen festhalten, bei Erdräumen kommt mir aber das Netz der Breiten- und Längenkreise zu gute. Afrika zwischen 35° nördl. und 35° südl. Breite gelegen, Australien bis 45°, Südamerika bis 55° südl. Breite reichend: das sind Lagen, die sich einprägen. Ebenso leicht zu merken sind die Thatsachen, daß in Europa die Nord- und Ostseeländer und das eigentliche Nordeuropa nördlich vom 55.°, das Mittelmeer und die Mittelmeerländer südlich vom 45.° nördl. Breite liegen.

Wir haben gesehen, wie jeder Parallelkreis seinen klimatischen Wert hat. Wie ich sofort an eine polare Lage denke, wenn ich davon spreche, daß das Nordkap auf dem 71.° nördl. Breite liegt, so meine ich eine gemäßigte, wenn ich die Lage von Dresden mit 51° bezeichne. Die einzelnen Längenkreise charakterisieren nicht ebenso ausgesprochen. Aber ich kann mir doch den berühmten 100.° westl. Länge merken, der in Nordamerika den gemäßigten Osten vom steppen- und wüstenhaften Westen trennt, oder den 40.° westl. Länge, der den Atlantischen Ozean in eine kalte westliche und eine warme östliche Hälfte teilt, oder den großen Teiler, den 180.°, der Asien und Amerika trennt, und bei dessen Überschreitung die Schiffe ihr Datum wechseln.

Wir können die geographischen Längengrade, die zunächst der Ortsbestimmung dienen, auch in Beziehung zur Zeit setzen. Die Erde braucht zur Umdrehung um ihre Achse 24 Stunden, also auch jeder Punkt des Äquators, bis er wieder in dieselbe Stellung zur Sonne zurückkehrt. Die Hälfte des Äquators entspricht 12 Stunden Umdrehungszeit. Teile ich diese Hälfte des Äquators in 180 Teile, so entspricht jeder Teil einer Zeit von 4 Minuten. Die Kreise, die ich durch die so gefundenen Teilpunkte senkrecht zum Äquator ziehen würde, und deren jeder durch zwei einander gegenüberliegende Punkte ginge, müßten dann mit den oben schon erwähnten Meridianen zusammenfallen. Sie würden aus der Erde gleichsam ein Zifferblatt machen, durch dessen Zahlen die Sonne als Zeiger ihren scheinbaren Weg täglich zurücklegt. Diese innige Beziehung zwischen der Meridianteilung der Erde und der Stundenteilung des Tages bedingt es, daß eine aus der anderen abgeleitet werden kann. Wenn ich Mittag habe, hat ein diametral gegenüberliegender Punkt auf der Erde Mitternacht. Es besteht also zwischen uns ein Zeitunterschied von 12 Stunden. 12 Stunden Zeitunterschied entsprechen einem Unterschiede von 180 Längengraden, auf den Grad kommen 4 Minuten Zeitunterschied, auf die Stunde 15 Grad Lageunterschied.

Diese Zeitunterschiede machen sich praktisch geltend, wenn ich eine größere Reise in westlicher oder östlicher Richtung unternehme. Reise ich nach Osten, so gehe ich der Sonne entgegen. Die Erde dreht sich von Westen nach Osten; je östlicher ein Ort liegt, desto früher geht ihm die Sonne auf, desto früher hat er auch Mittag. Wenn ich von München nach Wien reise, so finde ich, daß dort die Uhren 19 Minuten vor der meinen vorgehen. Das zeigt mir an, daß die Wiener 19 Minuten früher Sonnenaufgang, Mittag und Sonnenuntergang haben als die Münchener. Indem nun dieser Zeitunterschied sich für den weiter ostwärts Reisenden immer weiter summiert, kommt er endlich nach Zurücklegung von 180 Längengraden an einen Punkt, wo man Mitternacht zur selben Zeit hat, wenn an dem Ausgangspunkt der Reise erst Mittag ist. Der Weltreisende scheint einen halben Tag verloren zu haben. Und wenn er an seinen Ausgangspunkt zurückkehrt, ist aus dem halben Tag ein ganzer geworden. Irgendwo muß er diesen Tag ausschalten. So ging es den überlebenden Gefährten des Magalhães, als sie am 10. Juli 1522 auf Santiago (Kapverdische Inseln) ankamen; nach ihrer Rechnung war es aber der 9. Juli. Waren sie doch in östlicher Richtung um die Erde gefahren, hatten also einen Tag verloren. In neuerer Zeit wechseln die Schiffe das Datum, wenn sie den 180. Längengrad überschreiten.

Der Nullmeridian. Seitdem Hipparch die von den alten Astronomen geübte Einteilung des Himmelsgewölbes in Längsabschnitte auf die Erde übertragen hat, herrschte ein beständiger Wechsel in der Wahl des Nullmeridians, von dem die Zählung auszugehen hat. Leider liegt diesem Wechsel zumeist keine wissenschaftliche Erwägung zu Grunde. Die Meridiane von Rhodus und von den Glücklichen Inseln fielen, als die wissenschaftliche Himmelsbeobachtung in die Hände der Araber überging, deren Stern- und Erdkundige bei ihren Längenzählungen von den mannigfaltigsten Meridianen ausgingen. Offiziell zählte man von einem Meridian von Aryn, einem mythischen Tempelorte, 10° östlich von Bagdad, in Wirklichkeit vom Meridian von Bagdad, sowie im Sinne der Franzosen der Meridian von Ferro eigentlich (s. unten) der von Paris ist.

Die Bestimmung eines Anfangsmeridians wurde zu einer brennenden Frage im Zeitalter der Entdeckungen, brennend sowohl für die physikalische als auch für die politische Geographie. Kolumbus hat unter anderen wichtigen Entdeckungen auch die der Mißweisung der Magnetnadel im Atlantischen Ozean gemacht. Er fand Orte, wo die Magnetnadel nach Nordosten, andere, wo sie nach Nordwesten abwich, und dazwischen Orte, wo die Richtung nach Norden rein zur Erscheinung kam. Als nun kurz nach der Entdeckung Amerikas schon am 4. März 1493 eine Bulle des Papstes Alexander VI. den von A. von Humboldt richtig als „Übermut" charakterisierten Plan durchführen wollte, die ganze neu entdeckte Welt so zwischen Spanien und Portugal zu teilen, daß die Grenzlinie 100 Seemeilen westlich von den Azoren „für ewige Zeiten" laufen sollte, dachte man daran, diese Linie der reinen Nordweisung zur Grenzlinie und damit zum wichtigsten Meridian der damaligen Welt zu erheben. Man wußte nicht, wie gewunden ihr Verlauf sei. Als man Weltkarten auf Grund der neuen Entdeckungen zu zeichnen begann, kehrte man zu dem Meridian der Glücklichen Inseln zurück, den Ptolemäus bevorzugt hatte, oder verlegte auch den Anfangsmeridian weiter nach Westen in die Azoren oder in die Kapverdischen Inseln.

Je besser man die Erde kennen lernte, desto klarer erkannte man, daß die Erdoberfläche keine Unterschiede hat, die groß und allgemein genug sind, um bei dieser schweren Wahl einen Anhalt zu bieten. Diese Erde ist so bunt, so regellos, so mannigfaltig gestaltet, daß die Durchschneidung durch einen großen Kreis ungefähr so wirkt, wie wenn ich einen Eichbaum halbieren würde. Ich kann das thun, wenn praktische Gründe dazu veranlassen, in der Eiche selbst ist aber gar kein Weg dazu vorgezeichnet. — So ist es mit der Erde und dem Anfangsmeridian. Der Äquator ist nicht bloß astronomisch, sondern auch klimatologisch bedingt, denn die Klimazonen sind ja im allgemeinen als Gürtel, die dem Äquator parallel laufen, um die Erde gelegt. Aber der Anfangsmeridian kann nicht einmal mit Bezug auf die Verteilung von Land und Wasser besonders günstig ausgesucht werden.

Der Ferro-Meridian, der den Atlantischen Ozean sehr günstig so durchschneidet, daß die Alte Welt auf der östlichen, die Neue auf der westlichen Seite liegt, schneidet auf der anderen Halbkugel den Stillen Ozean viel ungünstiger, indem er dort ein großes Stück von Nordostasien abtrennt. Denselben Fehler hat der Meridian von Kap Lopatka, der Spitze Kamtschatkas, dem man ähnliche Vorzüge wie dem von Ferro nachrühmte. Der Meridian der Beringstraße ist günstig für den Stillen Ozean, aber er schneidet Deutschland mitten entzwei, denn er ist der Meridian von Hamburg und Würzburg. Der von Greenwich schneidet ebenfalls ein Stück von Nordostasien, wenn auch natürlich ein kleineres, ab, zugleich läßt er aber auch ein Stück von Europa und Afrika westlich liegen. Im Vergleich mit ihm ist noch immer der Ferro-Meridian der günstigere, weil er die Erde so halbiert, daß die Alte Welt — Europa, Asien, Afrika — fast ganz der Osthälfte der Halbkugel, die Neue aber ungeteilt der Westhalbkugel zufällt. Gegen ihn spricht eigentlich nur die Erwägung, daß der Meridian von Ferro gar nicht der Meridian dieser Insel, sondern der 20° nach Westen hinausgeschobene Meridian von Paris ist. Als 1634 Richelieu eine Versammlung von Fachmännern nach Paris berief, die über den Anfangsmeridian beschließen sollten, gelang es dem Einflusse des Mathematikers Delisle, daß der Meridian der Pariser Sternwarte zum Ausgangspunkt gewählt wurde, und daß man bestimmte: die Zählung beginnt von einem Meridian, der 20° westlich von dem Pariser liegt. Man nennt ihn den Meridian von Ferro, wiewohl er die Insel nicht mehr berührt. Daher die Anhänglichkeit der Franzosen an diesen. Für uns Deutsche, die wir es ausnahmsweise einmal als einen Vorteil unserer jahrhundertelangen politischen Zerrissenheit betrachten dürfen, daß wir nicht auch unseren nationalen Meridian besitzen, liegt die Frage rein praktisch; so haben sich denn sowohl unsere Geodäten und Meteorologen als auch unsere Geographen für den 17° 40′ östlich von Ferro liegenden Meridian von Greenwich entschieden, weil er bereits der am allgemeinsten gebräuchliche ist.

Das Gewicht der Erde.

Wenn die unmittelbare Beobachtung an der Erdoberfläche und die von da aus in die Tiefe dringenden Messungen nicht über eine dünne Schale hinausgelangen, die wenig mehr als $1/5000$ des Erdhalbmessers beträgt, so bleibt uns doch eine Möglichkeit, der Gesamterde nahe zu kommen: wir können ihr Gewicht bestimmen. Gewicht ist, praktisch gesprochen, die Kraft, mit der ein Körper von der Erde angezogen wird. Je größer diese Kraft der Anziehung, desto größer das Gewicht. Man nennt diese Kraft auch Schwerkraft und das Gewicht Schwere. Es liegt auf der Hand, daß das, was man hier Kraft nennt, eben nur ein Ausdruck für die unbekannte Ursache ist, die wir aus der Wirkung erschließen; Schwerkraft ist Schwere und Schwere ist Gewicht. Nun ist aber nicht bloß die Erde schwer oder hat Gewicht, sondern auch der Körper, der von der Erde angezogen wird. Jeder Körper hat Schwere, und zwar steht diese in geradem Verhältnis zu seiner Masse. Nur weil die Schwere der Erde so viel größer ist als die Schwere des von der Erde angezogenen Körpers, sprechen wir, als ob nur die Erde Schwerkraft übe. Es zieht nämlich nicht nur die Erde die Körper an, welche kleiner sind als sie, sondern diese kleinen Körper ziehen auch die Erde an. Der Mond, dessen Masse nur $1/49$ der Erdmasse beträgt, zieht bekanntlich die Erde an: die Folge davon ist Ebbe und Flut. Vergessen wir dabei aber nicht die Entfernung; die Anziehung nimmt im Verhältnis zu dem Quadrat der Entfernung ab.

Ein anderer Ausdruck für Masse ist Dichte. Je dichter ein Körper, desto schwerer ist er. Indem wir die Dichte irgend eines Körpers mit der Dichte des Wassers vergleichen, erhalten wir eine relative oder verglichene Dichte. Das Verhältnis zwischen der Dichte eines Körpers und der des Wassers nennt man das spezifische Gewicht des betreffenden Körpers. Wenn ich sage, das spezifische Gewicht des Quecksilbers ist 13,6, so ist das so gut, als ob ich sagte: die Erde und das Quecksilber ziehen sich mit einer 13,6mal größeren Kraft an als die Erde und das Wasser.

Vergleichen wir das bekannte Gewicht irgend eines Körpers, also die Anziehung, welche die Erde auf ihn übt, mit der Anziehung, die auf denselben Körper eine bekannte Masse, z. B. ein Berg, ausübt, so können wir daraus die Masse, Dichtigkeit oder das Gewicht der Erde berechnen. Zuerst haben 1772 Hutton und Maskelyne in Schottland derartige Messungen versucht, indem sie zu beiden Seiten eines Berges Lote, also z. B. Bleikugeln, an beweglichen Fäden aufhingen und die Anziehung bestimmten, die der Berg auf diese ausübt. Sie verglichen sie mit der bekannten Anziehung der Erde und erhielten für die Erde ein spezifisches Gewicht von 4,71. Auf demselben Grundsatze beruhen Versuche, die man später mit der Drehwage gemacht hat, indem man die Anziehung großer Metallmassen mit der Anziehung der Erde verglich. Die Versuche sind oft wiederholt worden, und man erhält, wenn man aus den zuverlässigsten das Mittel zieht, ein spezifisches Gewicht von 5,57 für die Erde. Im Jahre 1880 hat Mendenhall auf dem Fudschi Yama bei Tokio, dem berühmten 3765 m hohen Vulkane Nippons, eine ganz ähnliche Zahl, 5,77, erhalten. Man hat außer auf Berggipfeln auch in tiefen Schächten das Pendel schwingen lassen und gefunden, daß es auf dem Berge langsamer, in dem Schachte rascher schwingt.

Eine sehr anziehende Methode hat der Münchener Physiker Jolly angewendet, um durch Benutzung der gewöhnlichen Wage die Masse der Erde zu bestimmen. Er konstruierte eine Wage mit zwei Schalenpaaren, die 21 m voneinander entfernt waren. Wenn er einen Gegenstand in einer oberen Schale wog und wog ihn dann in einer unteren, so mußte er in der unteren schwerer sein, weil er in ihr dem Erdmittelpunkte sich näher befand. Das ist dieselbe Erscheinung, die man in der Verlangsamung des Pendels in den äquatorialen Breiten wiederfindet, wo seine Entfernung vom Erdmittelpunkte größer ist als an den Polen. Jolly fand, daß eine mit Quecksilber gefüllte Glaskugel von

5009,45 Gramm in der unteren Schale 31,686 Milligramm mehr wog. Nun wurde in die Nähe dieser Schale eine Bleikugel von 1 m Durchmesser und bekanntem Gewichte gebracht, die eine weitere Gewichtszunahme von 0,589 Milligramm bewirkte. Es ergibt sich auch hieraus ein spezifisches Gewicht der Erde von 5,692 (nach anderer Berechnung von 5,776). Mit dieser Zahl dürfte man sich der Wahrheit in beträchtlichem Maße genähert haben. Eine nach sehr ähnlicher Methode angestellte Beobachtungsreihe von Poynting hat als Mittelzahl aus elf Fällen 5,92 erhalten.

Jedenfalls liegt die Dichtigkeit oder das spezifische Gewicht der Erde über 5, d. h. die Erdkugel wiegt über fünfmal mehr als eine ebenso große Wasserkugel. Das absolute Gewicht kann mit 4 Quadrillionen Kilogramm angegeben werden, was „eine Zahl, aber kein Begriff" ist. Da nun, abgesehen vom Wasser, das in reinem Zustand 1 und als Meerwasser 1,025 spezifisches Gewicht hat, die Erdrinde, d. h. der Teil der Erdoberfläche, der unseren Forschungen zugänglich ist, und dessen Tiefe wir bis 2000 m kennen, 2,5 spezifisches Gewicht hat, kann jenes spezifische Gewicht von fast 6, das für die Gesamterde gefunden worden ist, nur so gedeutet werden, daß im Inneren der Erde schwerere Massen liegen als an der Oberfläche. Das spezifische Gewicht des Erdinneren muß über die höchsten spezifischen Gewichte der Gesteine der Erde hinausgehen, die zuhöchst mit 3,3 bei Eruptivgesteinen und mit 3,2 bei kristallinischen Schiefern bestimmt sind. Gewöhnlich gibt man dafür die Erklärung, daß im glühend flüssigen Inneren die schwersten Stoffe die Möglichkeit gefunden hätten, der Schwere folgend, sich im Mittelpunkte zu vereinigen. Wir werden sehen, inwieweit andere Zeugnisse für den Zustand des Erdinneren eine solche Anschauung rechtfertigen.

Ungemein verschieden sind die Gewichte der Stoffe, die an der Zusammensetzung der Erde teilnehmen. Das spezifische Gewicht der Gesteine, die unsere Gebirge aufbauen und unter der lockeren Erde, dem Sande, dem Wasser der obersten Erdoberfläche liegen, schwankt zwischen den 2,6 und 2,8 des Granits, Syenits, Porphyrs, Dolomits. Auch die weitverbreiteten Gesteinsarten Quarz und Feldspat nehmen mit 2,6 eine mittlere Stellung ein. Schwefel zeigt 2, Epidot 3,4, Granat 3,8, Magneteisen 5, Roteisenstein 5,3. Unter den Gesteinen ausgedehntester Verbreitung sind die vulkanischen die schwersten; ihr spezifisches Gewicht übersteigt manchmal 3. Auch Gabbro erreicht 3,1. Schon hieraus ergibt sich, daß die Zunahme des spezifischen Gewichtes von der Erdoberfläche nach dem Erdinneren zu nicht gleichmäßig sein kann. Wir kennen nur diese Stoffe, welche die Erdoberfläche bilden. Die von den Vulkanen ausgeworfenen Gesteine stammen aus nicht großen Tiefen und zeigen dieselbe Zusammensetzung wie mehr oberflächliche Gesteine. Die stoffliche Übereinstimmung der fernsten Weltkörper mit der Erdoberfläche läßt uns ab erschließen, daß im Inneren der Erde keine anderen Stoffe vorkommen als an der Oberfläche, wenn sie auch sicherlich in ganz anderen Mischungen zu finden sein werden.

Es sind noch zwei Eigenschaften der Gesteine zu erwähnen, die für das Gewicht der Erde Bedeutung haben. Das spezifische Gewicht eines kristallinischen Körpers ist immer kleiner als das eines glasartig geschmolzenen. Bei Granit beträgt der Unterschied 9—11 Proz. Eine andere Thatsache ist die Abnahme des spezifischen Gewichtes eines Gesteines von dem Kerne nach der Peripherie zu. Eine Basaltsäule hat im Kern ein spezifisches Gewicht von 3,044, an der Peripherie ein solches von 3,008. Gleichzeitig ist sie auch stets an der Peripherie wasserhaltiger als im Inneren, was natürlich für erstere eine Verminderung des spezifischen Gewichtes bedeutet. Es ist nicht abzuweisen, daß bei der Erstarrung eine Zusammenziehung und Verdichtung nach dem Inneren zu stattgefunden habe.

Scheiden wir also einmal das Erdinnere als ein Ganzes von dem spezifischen Gewicht des gediegenen Eisens aus, so erhalten wir einen schweren Metallkern, der von leichteren Gesteinen wie von einer Schlackenhülle umgeben ist. Nehmen wir an, diese ganze Schlackenschale habe ein spezifisches Gewicht von 2,5, so müßte sie eine Dicke von 800 km erreichen. Das ist ein Achtel des Erdradius. Die Erscheinungen der Gebirgsbildung und des Vulkanismus werden uns überzeugen, daß in verhältnismäßig geringer Tiefe dieser Lithosphäre plastische oder flüssige Gesteine zu finden sind. Aber anderen Erscheinungen gegenüber müssen wir ebenso bestimmt annehmen, daß der überwiegende Teil des Erdinneren fest sei.

Die Verteilung verschieden schwerer Massen in der Erde.

Indem die Beobachtungen mit dem Pendel die Form der Erdoberfläche zu bestimmen strebten, sahen sie sich großen Unterschieden der Schwere unter der Erdoberfläche gegenübergestellt, die ein unerwartetes neues Licht auf die Verteilung der Massen von verschiedener Schwere in der Erde warfen. Diese Verteilung ist in vielen Fällen das Gegenteil von der, die man erwartet. Unter Hochgebirgen, wie Alpen, Himalaya, Kaukasus, unter mittleren Gebirgen, wie dem Jura, auch unter alten Gebirgen, wie dem Schwarzwald, liegen leichtere Massen, ebenso unter den Lagern alter kristallinischer Gesteine, die wir in so großer Ausdehnung in Böhmen und Mähren finden; auch unter Hochebenen kommen leichtere Massen vor. In den Ostalpen und Schweizeralpen verwandelt sich das Weniger an Gewicht in ein Mehr ziemlich genau vom Fuße der Alpen an, z. B. am Ostfuß bei Graz, am Südfuß in dem oberitalienischen Seengebiet. Ähnlich ist unter dem eingesunkenen Inneren von Böhmen die Erde schwerer als unter den Randgebirgen Böhmens. In vielen Flachländern, auf den Inseln und auf hoher See ist umgekehrt das Gewicht der Erde größer als unter Hochländern, ohne daß die Grenze der Schwereunterschiede genau zwischen Gebirge und Hochland fiele. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist ein Wechsel dichterer und lockerer Massen im Boden des norddeutschen Tieflandes anzunehmen. Und unter der lombardischen Tiefebene dürfte eine Gesteinsmasse von 4—5 km Dicke und der Dichte des Basalts liegen. Beim Absteigen von einem Gebirge zur Küste nimmt das Gewicht der Erde zu, und noch weiter nimmt es zu, wenn man von der Küste auf das offene Meer hinaus oder auf Inseln das Pendel trägt.

Unter den Festländern liegen also im ganzen leichtere Gesteine als unter den Meeresbecken, und die Dichte der Gesteine unter den Festländern ist da wieder viel geringer, wo die Oberfläche Massenansammlungen zeigt, also unter den Hochländern. Im allgemeinen entsprechen demnach sowohl unter den Kontinenten als unter den Hochländern Massendefekte in der Tiefe Massenanhäufungen nach der Oberfläche zu. Man hat dies auch so darzustellen versucht, als ob eine verhältnismäßig dünne Erdkruste unter den Meeresbecken verdickt und unter den Hochländern gleichsam aufgelockert sei. Wir möchten aber lieber nicht auf die Erdrinde, die selbst hypothetisch ist, denn wir kennen ja nur ihre Außenseite, eine Hypothese der Gewichts- oder Massenverteilung in der Erde bauen. Wir begnügen uns, die Thatsache anzuführen, daß das, was unter den Alpen an Masse zu wenig ist, ungefähr dem entspricht, was in den Alpen an Masse angehäuft ist. Die Auftürmungen in Gebirgen und Hochebenen bedeuten auch sonst keine Vermehrung der Masse der Erde an diesen Stellen; diese Erhebungen werden ausgeglichen durch ein weniger dichtes Gefüge. Man braucht, um dieses zu erklären, keine Hohlräume, sondern nur Gesteine von geringerem Gewicht anzunehmen. Es ist also die Massenverteilung in der Erde gleichmäßiger, als die Formenunterschiede erwarten lassen. Die „Gebirgsbildung" wird uns zeigen, was daraus für die Geschichte der Veränderungen an der Erdoberfläche hervorgeht.

Das Gewicht der Erde kann weder im ganzen noch in den einzelnen Teilen gleich bleiben. Die Geschichte der Erde zeigt einen beständigen Wechsel der Massenverteilung. Es sind viele Tausende von Metern mächtige Gesteinsmassen abgelagert und wieder abgetragen worden. Gleichzeitig haben wir aber auch schon von einer absoluten Zunahme an Masse durch das Hereinstürzen von Himmelskörpern vernommen, die sich mit der Erde dauernd vereinigen, und deren spezifisches Gewicht zum Teil sogar 4 überschreitet. Für alle die, die an ein Einschrumpfen des Erdkörpers infolge von Abkühlung glauben, muß außerdem die Erde in

demselben Maße dichter, also spezifisch schwerer werden, als sie kleiner wird. Diese Zunahme der Schwere der Erde im Laufe ihrer Geschichte ist sehr geeignet, zu großen Spekulationen Anlaß zu geben; wir müssen aber mit Vorsicht diesen Problemen gegenübertreten, denn wie klar auch die Thatsache im allgemeinsten Rahmen einer Behauptung von sowohl apriorischer als erfahrungsmäßiger Begründung vor uns steht, so fehlt doch zunächst jede Möglichkeit, die Größenzunahme zu bemessen. Alle Annahmen, die darüber hinausgehen, daß die Schwere der Erde im Lauf ihrer Geschichte gewachsen sei, sind wertlos ohne die Zahlengrößen, die in Rechnung gesetzt werden müßten, und ohne die keine Rechnungen möglich sind. Dazu kommt nun der Nachweis von leichten Schwankungen der Erdgestalt in verschiedenen Perioden. Es gibt einen Einfluß des Mondes auf die Lotlinie, also Gezeiten des Erdkörpers, wenn auch von sehr geringem Betrag, sowie tägliche und jahreszeitliche Schwankungen, die von der Sonnenstrahlung abhängig sind.

Die Temperatur des Erdinneren.

Gehen wir von der Erdoberfläche in die Tiefe, so kommen wir zu einem Punkte, wo die Sonnenwärme, die von außen hineinstrahlt, einer Erdwärme begegnet, die von innen herausdringt. Zwischen den unzweifelhaften Wirkungsgebieten beider Wärmequellen muß eine Zone liegen, in der die beiden Gattungen von Wärme sich miteinander mischen. In unserer Zone reicht die Wirkung der Sonnenwärme etwa bis 20 m. Gehen wir tiefer als 20 m, so nimmt die Wärme zu und hat bisher überall Zunahme gezeigt bis zu den tiefsten Punkten, die man in Bohrlöchern und Schächten erreicht hat. Aber nach oben verbreitet sich die Erdwärme bis an die Erdoberfläche und geht in den Weltraum über. Auch Vulkanausbrüche und warme Quellen zeigen, daß in der Erde hohe Temperaturen vorkommen, aber solche Erscheinungen sind auf ihren Wegen umgestaltenden Einflüssen ausgesetzt, können uns also keine klare Vorstellung von der Natur der Tiefengebiete geben, denen sie entstammen. Nur Bohrlöcher und Schächte, die von bestimmten Punkten aus und durch bekannte Gesteinsschichten hindurch in die Tiefe dringen, vermögen das. In ihnen erreicht man immer nach bestimmten Tiefen eine Temperatur, die um je 1° höher ist; man nennt eine solche Entfernung „Wärmetiefenstufe“ oder „geothermische Tiefenstufe“.

In Bergwerken hat man schon seit Jahrhunderten die Beobachtung gemacht, daß es mit der Tiefe wärmer wird. Ist doch schon in Tiefen von mehr als 300 m die Arbeit durch Wärme erschwert. Bereits 1740 sind in Bergwerken der Vogesen, 1791 im Erzgebirge systematische Wärmemessungen vorgenommen worden, die das regelmäßige Wachsen der Wärme mit der Tiefe nachwiesen. Die Bohrung artesischer Brunnen ergab gleichfalls eine Wärmezunahme. Aber auf einen sicheren Boden ist die Untersuchung der Temperatur unter der Erde erst durch die systematischen Tiefbohrungen der letzten Jahrzehnte gestellt worden. Besonders die preußische Bergverwaltung hat sich darum verdient gemacht. Es gibt jetzt allein auf deutschem Boden neun Bohrlöcher von mehr als 1000 m Tiefe, wovon das tiefste, das von Paruschowitz (245 m über dem Meere), bei Rybnik in Oberschlesien, 2003 m tief ist. Dies ist zugleich das tiefste Bohrloch der Erde. Das zweite, bei Schladebach zwischen Leipzig und Merseburg, geht 1748 m tief. Das an Tiefe nächste liegt bei Lieth bei Altona und mißt 1338 m. Noch vor 30 Jahren war das tiefste Bohrloch das von Mondorff im Luxemburgischen mit 715 m. Die tiefsten Schächte sind gegenwärtig ein Schacht im Bendigogoldgebiet in Australien (1596 m), ein Schacht der Calumet- und Hekla-Gruben in Nordamerika (1494 m), ein Kohlenschacht bei Flenu in Belgien

(1150 m) und der oft genannte 1070 m tiefe Schacht des Silberbergwerkes von Přibram in Böhmen. Die früher mehr zufällig angestellten Wärmemessungen sind in jenen Bohrlöchern mit steigender Sorgfalt vorgenommen worden. Die Fortschritte in der Technik der Tiefbohrungen haben dieses ermöglicht. Man bohrt nicht, wie früher, indem man das Gestein zertrümmert, sondern man schneidet mit dem röhrenförmigen Bohrer cylindrische Gesteinsstäbe heraus und beseitigt den Bohrschmand durch Hineinpumpen von Wasser, das gleichzeitig die durch die Bohrarbeit verursachte Erwärmung hinwegnimmt. Man stellt die Wärmemessungen vor der Verrohrung des Bohrloches an, um den wärmeleitenden Einfluß des dabei verwendeten Eisens auszuschließen.

Auf diese Art ist es gelungen, bei den letzten drei Tiefbohrungen, die zugleich am tiefsten vorgedrungen sind, Wärmetiefenstufen zu finden, die genauer miteinander übereinstimmen als alle früheren. Die unanfechtbarste aller bisher bestimmten scheint die von 39,5 m für 1° zu sein, die man in dem Schladebacher Bohrloch zwischen 1266 und 1716 m Tiefe bestimmt hat.

Prestwich hat uns eine kritische Behandlung der älteren Beobachtungen und Messungen über Tiefentemperaturen gegeben. Unter Ausscheidung der ungeeigneten Fälle erhält er aus den Beobachtungen von 530 Stationen die Tiefenstufen von 28 m für artesische Brunnen, 27,5 m für Kohlenbergwerke, 23,6 m für andere Bergwerke. Als mittleren Betrag dieser „geothermischen Tiefenstufe“ findet er endlich 25 m. In allen diesen Fällen ist die Abnahme der Temperatur nach obenhin rascher, was sicherlich zum Teil dem Zutritt der Luft in die Bergwerke zuzuschreiben ist. Das ist ähnlich wie in den spalten- und höhlenreichen Gesteinen des Karstes, wo wir auch bis tief hinab der abkühlenden Wirkung der Luft begegnen. Die in diesen Tiefen noch reichlich kreisenden Wässer werden in demselben Sinne wirken. Und in den artesischen Brunnen mischen sie unmittelbar ihre niedrigeren Temperaturen mit den höheren des aus der Tiefe heraufsteigenden Wassers.

Die Wärmezunahme nach der Tiefe ist nicht gleichmäßig. Nicht bloß lehren die Tunnelbohrungen, daß die geothermischen Tiefenstufen unter den Erhebungen der Erdoberfläche größer sind als unter Tiefländern, sondern auch in dem einzelnen Bohrloche sind sie verschieden. Dabei sind örtliche Unterschiede der Gesteine und der Wasserführung maßgebend. Es scheint, daß diese Unterschiede sich nach der Tiefe zu ausgleichen, ebenso wie die geothermischen Tiefenstufen unter den Hochländern und Gebirgen sich nach der Tiefe zu ausebnen. Es ist aber nicht anzunehmen, daß in größeren Tiefen eine vollständige Gleichmäßigkeit der Zunahme eintritt. Vielmehr hat man aus Versuchen an erkaltenden Basaltkegeln schließen wollen, daß die Wärmetiefenstufen nach innen hin immer größer werden. Das ist aber ein trügerisches Experiment. Die Erdwärme kann unmöglich regelmäßig nach der Tiefe der Erde zunehmen. Die verschiedene Wärmeleitung der Gesteine, teils stofflich, teils durch die Struktur bedingt, erlaubt dies ebensowenig wie die zerstreute Verteilung untergeordneter Wärmezentren wie Thermen und Lavaherde. Man wird vor allem nicht annehmen dürfen, daß die gemessenen Tiefenstufen auch für größere Tiefen gelten. Nach der Tiefe zu liegen vermutlich schwerere Gesteine von größerem Metallgehalte, die durch ihre größere Leitungsfähigkeit die Wärmestufen erhöhen. Jedenfalls kann man nicht sagen, daß die Messungen der Erdwärme eine Änderung der Wärmezunahme nach innen zu bestimmt erkennen lassen.

Die Wärmeleitungsfähigkeit der Gesteine ist natürlich von großem Einfluß auf die Verbreitung der Wärme in der Tiefe. Gute Wärmeleiter begünstigen die Fortpflanzung der Wärme von der Tiefe her, schlechte Wärmeleiter hemmen sie. Gute Wärmeleiter werden die Wärme rasch abgeben, unter schlechten Wärmeleitern wird sich die Wärme gleichsam stauen. Darauf führt sicherlich ein großer Teil der Abweichungen in einem und demselben Bohrloch und zwischen verschiedenen Bohrlöchern zurück. Vorzüglich müssen die Bohrungen in Steinsalz, infolge von dessen hervorragender Fähigkeit, Wärme zu leiten, eine raschere Zunahme der Erdwärme im Anfang

und langsamere Zunahme in der Tiefe nachweisen. So ist es in Sperenberg, wo eine Wärmestufe von 31 m gemessen ist. Schiefer zeigen raschere Wärmezunahme als kristallinische Massengesteine. Die raschere Wärmezunahme in Kohlenbergwerken führt aber wohl auf Zersetzungen zurück, die Wärme abgeben. Nicht bloß die Gesteine, die unmittelbar eine Messungsstelle umgeben, werden in dieser Weise die Temperaturen in verschiedenem Maße nach untenhin steigen machen, sondern es wird auch das verschiedene Wärmeleitungsvermögen ferner liegender Gesteine von Einfluß sein. Je größer die Leitungsfähigkeit der Gesteine, desto größer nach unten die Tiefenstufe, denn da alle unsere Schächte und Bohrlöcher der kühlen Erdoberfläche ungleich viel näher liegen als dem warmen Erdinneren, kommt hier der unmittelbare Wärmeverlust als Folge der allseitigen Ableitung ins Spiel. Ein eisen- und kupferreiches Gestein, wie das der Keewenaw-Halbinsel, wird also im allgemeinen größere thermische Stufen nach unten zeigen müssen. Wenn man erwägt, daß die Wärmeleitungskoeffizienten von Kupfer, Eisen, körnigem Kalk, Gips sich wie 69 : 28 : 2,8 : 0,5 verhalten, so wird man diesen Unterschieden keinen kleinen Einfluß zugestehen. Übrigens ist auch die eiserne Verrohrung der Bohrlöcher geeignet, die größere Wärme der Tiefe rascher aufwärts fortzupflanzen.

Wenige Gesteine sind in so hohem Grade wasserarm wie das Steinsalz und manche Kohlen; in den meisten aber kreisen Gewässer, die ausgleichend auf die Temperaturen einwirken. Auch Gase wirken in diesem Sinne. Wasser und Luft nun tragen nicht bloß Wärmegrade von einem Gestein zum anderen, sie lösen auch chemische Vorgänge aus, die ihrerseits wieder Wärmeänderungen bewirken. Wo auffallend kleine Wärmetiefenstufen vorkommen, muß man auch die Nachbarschaft wärmeabgebender vulkanischer Gesteine mit in Betracht ziehen.

So erklärt Branco die Tiefenstufe von 10,5 m in einem 340 m tiefen Bohrloch bei Neuffen durch die Nähe eines vulkanischen Herdes. Vielleicht sind ähnlich die auffallend kleinen Tiefenstufen zu erklären, die aus den zahlreichen, bis 450 m hinabgehenden artesischen Brunnen Dakotas ermittelt wurden: 10—25 m, und die Stufe von 14 m in der altvulkanischen Limagne bei Macholle. Aber vollständig unerklärt sind die an verschiedenen Stellen im elsässischen Petroleumgebiet gemessenen Stufen von 13,9, bei Oberstätten von 7,8 m, wobei auffallende Unterschiede nahegelegener Bohrlöcher beobachtet werden. Auch warum die Tiefenstufe der artesischen Brunnen bei Uargla und im Ued Rirh (Algerien) mit 20 m so tief unter dem Durchschnitt anderer artesischer Brunnen steht, wissen wir nicht.

Interessante Beispiele für die Abkühlung durch große Wassermassen liefern uns die Tiefenstufen in den Bergwerken am Oberen See. Sie erreichen dort nach Wheeler in großer Nähe des Sees bis 683 m Tiefe 70 m. Je mehr man sich nun vom See entfernt, um so kleiner werden sie, also um so mehr Wärme findet man in derselben Tiefenstufe; endlich erreicht man eine Tiefenstufe von 42 m, die dort die normale zu sein scheint. Fast unglaublich klingt die Nachricht von einer Tiefenstufe von 123 m, die A. Agassiz in Kupfergruben von 32 bis zu 1396 m Tiefe auf der Keewenaw-Halbinsel bestimmte. Der See selbst hat nur 307 m Tiefe.

Eine neue Reihe von Beobachtungen ergaben die Wärmemessungen in den Tunneln durch mächtige Gebirgswände. Man fand, indem man den Berg wagerecht durchsetzte, daß die Temperatur ähnlich zunahm wie in einem senkrecht in die Erde hinabgehenden Schachte, und von der Mitte des Berges nahm sie nach der anderen Seite zu wieder ab: man durchdrang verschiedene Wärmeschichten, die der Böschung des Gebirges im allgemeinen parallel, doch aber etwas flacher verlaufen. Offenbar findet ein ähnliches Ansteigen nicht bloß in den Gebirgen, sondern in allen Erhebungen der Erdoberfläche statt, und die in den Tunneln, Schächten und Bohrlöchern gemessenen Temperaturen sind also nur besondere Fälle einer allgemeinen gesetzlichen Wärmeverbreitung. Überall dringt die Wärme aus der Erde heraus der Oberfläche zu und pflanzt sich bis zu einer Grenze fort, an der sie den Einwirkungen von außen her begegnet. Dies geschieht in den in die kalten Regionen hinaufragenden, mit Firn und Eis eingehüllten Bergen, wie durch Messungen nachgewiesen ist, gerade so wie in dem von kaltem Meerwasser umspülten Kontinentalblock, auf dem auch die Wärme von außen nach innen zunimmt. In

beiden Fällen wiederholen die Flächen gleicher Wärme im allgemeinen die Umrisse des Berges, des Erdteilsockels; die geothermischen Tiefenstufen sind im Inneren eines Berges etwas größer als im flachen Lande. Aus den bis heute vorliegenden Beobachtungen, die wesentlich aus den vollständigen Untersuchungsreihen im St. Gotthard geschöpft sind, erhellt übrigens auch manche Unregelmäßigkeit in der Verteilung der Wärme im Inneren eines Berges, über die man bei den Unterschieden der Temperaturen außen und des Gesteinsbaues innen nicht erstaunt sein wird.

Die geographische Verteilung der Erdwärme kann nur in großen Zügen vorgestellt werden. Und selbst in einem sehr allgemein gehaltenen Bilde bleiben immer große Linienzüge hypothetisch. Wir kennen vier Gruppen von Thatsachen, die einer solchen Vorstellung zu Grunde zu legen sind: 1) die bekannten Wärmetiefenstufen in allen nichtvulkanischen Ländern; 2) das Herantreten hoher Temperaturen bis an oder hart unter die Erdoberfläche in allen vulkanischen Gebieten; 3) die Temperaturen der Tiefsee und 4) das Bodeneis der Polarländer. Genau kennen wir nur die Verbreitung des Meeres und die des Bodeneises einigermaßen. Dagegen sind für eine Darstellung der Verbreitung der Erdwärme in nichtpolaren kontinentalen Gebieten und auf Inseln die sicheren Angaben noch lange nicht zahlreich genug.

Neben den Landmassen, in denen nach unten die Wärme mächtig ansteigt, liegen die Meerestiefen, in denen sie bis zum Boden hin abnimmt. Die Landmassen sind wie Heizkörper, die rings von kaltem Wasser umströmt werden. Der „Challenger“ maß in 4850 m Tiefe eine Temperatur von + 1°, in der gleichen Tiefe der nächstgelegenen Festlandmassive können 140—200° vermutet werden. Von 200 m unter dem Meeresspiegel an bewirken die niedrigen Temperaturen des Wassers, daß die Wände des Meeresbeckens kälter sind als die tiefer im Inneren des Festlandes gelegenen Teile; indem nun die Wärme auch rasch nach unten zu in der Erde, die unter dem Meeresniveau liegt, zunimmt, ist die Wärmezunahme von der Wand eines Meeresbeckens nach dem Kern eines Festlandes zu immer am größten oder vollzieht sich am raschesten. Noch mehr als in einem Gebirge sind also in einem Festlandblocke größere Wärmeunterschiede zusammengedrängt. Ein Festland samt seinem unterseeischen Fundament verhält sich thermisch wie ein mächtiges Gebirge.

Der dauernd gefrorene Boden, das Bodeneis, ist in der arktischen Zone überall verbreitet, tritt aber auch in der gemäßigten Zone auf, wo das Jahresmittel der Temperatur erheblich unter 0° sinkt und der Boden ungeschützt in hoher Lage einer starken Ausstrahlung ausgesetzt ist. Zu den Schutzmitteln des Bodens gegen Ausstrahlung gehört die Schneedecke. Wo der Schnee den Boden schützt, da tritt das Bodeneis erst bei — 5° Jahreswärme auf. Daher die weite Verbreitung des Bodeneises in dem kontinentalen trockenen Klima Nordasiens. Die Tiefe des Bodeneises ist nur in einigen Fällen annähernd bestimmt worden. Die Temperatur scheint in ihm zuzunehmen, bis der Schmelzpunkt bei einer Tiefe erreicht ist, die in der Umgegend von Jakutsk in Sibirien 90 m zu betragen scheint. In anderen Fällen will man selbst bei 116 m den Grund des Bodeneises noch nicht erreicht haben, berechnete oder schätzte vielmehr nach der Temperaturzunahme, daß er erst bei 185 m erreicht werden würde.

Welche Schlüsse auf die Temperatur des Erdinneren ergeben sich aus dieser Verteilung? Geht die Zunahme der Wärme auch unterhalb der tiefsten Messungen weiter, und es gibt keinen Grund, daran zu zweifeln, so muß schon bei 67,000 m der Schmelzpunkt einer am schwersten schmelzbaren Lava, der 1700° beträgt, erreicht werden. Viel früher würde man zum Schmelzpunkte der Glaslaven gelangen, der bei 900° liegt. Unter dem Druck, den die Lava erfährt, muß der Schmelzpunkt der Lava noch etwas höher liegen und mag kurz vor einem Ausbruche 2000° übersteigen. Wir würden uns also wohl in einer Tiefe von 67 km dem

glühendflüssigen Erdkern gegenübersehen, der von einer verhältnismäßig dünnen Erdrinde umschlossen wäre? Diese Erdrinde betrüge immer nur 1/95 des Erdhalbmessers.

So einfach diese Annahme scheint, so starke Bedenken stellen sich ihr doch entgegen. Eine glühendflüssige Masse von dieser Größe, von einer so dünnen Erdkruste umgeben, müßte der Anziehung des Mondes und der Sonne gerade so Folge leisten wie die Wasserhülle unserer Erde. Wir müßten also eine Erdflut und eine Erdebbe haben, so wie wir Meeresgezeiten haben. Hübe sich aber über dem flutenden Erdinneren die Erdkruste ebenso wie über ihr das Wasser, so würden diese Bewegungen gleichzeitig eintreten, und wir würden sie nicht voneinander unterscheiden können. Die Gezeiten des Meeres spielen sich aber nun auf einem starren oder fast starren Grunde ab.

Auch die Schwankungen der Erdachse, welche man als Nutationen bezeichnet, würden andere sein, wenn die Erde noch fast ganz flüssig wäre. Nach Hopkins Berechnung würden sie bei einer flüssigen Erde 1/5—1/4 des Erdradius betragen müssen.

Es ist aber ohnehin eine kindliche Vorstellung, daß der Rest von Urwärme sich im Inneren der Erde unter ganz langsamer Abkühlung erhalten habe. Die Erde ist keine Kaffeekanne, die mit der Wärmehaube bedeckt ist. Das ist gar nicht die Folgerung aus der Kant-Laplaceschen Theorie. Diese verlangt vielmehr immer neue Wärmeerzeugung für die Kugel, die sich langsam von außen nach innen abkühlt, zugleich aber auch zusammenzieht. Die Zusammenziehung schafft mehr Wärme, als die Ausstrahlung abgibt. Der zusammenschrumpfende Ball wird also innerlich wärmer durch die mechanische Folge seines äußeren Wärmeverlustes.

Nur unter dem Bann einer so ehrwürdigen Hypothese wurde die resignierte Ansicht William Thomsons möglich, beim gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft sei es am einfachsten, die Erde als einen chemisch unthätigen, warmen, in der Abkühlung begriffenen Körper zu denken. Es ist mindestens unvorsichtig, von chemischer Unthätigkeit bei einem Körper zu sprechen, an und in dem wir die mächtigen chemischen Veränderungen der Auflösung, der Niederschlagsbildungen, des Vulkanismus und, nicht zuletzt, des Lebens ununterbrochen vor sich gehen sehen.

Was die Wärme des Erdinneren anbetrifft, so müssen wir zugeben, daß sie vorhanden ist, soweit man sie gemessen hat, und auch noch ein gut Stück darüber hinaus; aber nichts zwingt uns, sie mit dem Urfeuer in Verbindung zu setzen. Daß über 2000° hinaus die Temperatur noch weiter zunehmen müsse, wird nur für den feststehen, der an einen flüssigen oder gar gasförmigen Erdkern glaubt. Nichts in der Erfahrung aber zwingt uns zu Annahmen, die über die 2000 Grade der unter Druck flüssigen Lava hinausgehen. Und immer wäre bei einem vollkommen flüssigen Erdkerne den Strömungen Rechnung zu tragen, die in dessen Innerem wärmeausgleichend wirken müssen.

Die rasche und gleichmäßige Zunahme der Wärme von der Erdoberfläche nach dem Inneren zu legt allerdings die Frage nahe, ob man nicht dauernde, fortwirkende Quellen der Erdwärme annehmen müsse? In der That, wenn es solche Quellen gibt, erklären sie die heutigen Wärmeverhältnisse der Erde besser als die Annahme des Restes einer uralten feuerflüssigen Vergangenheit. Niemand wird bei Erwägung aller Wärmequellen die Einfachheit der Vorstellung vom Erdinneren so weit treiben wollen, daß er nur die innere Erdwärme als Quelle der durch eine feste Schale von mindestens 60 km Dicke sich ausbreitenden Wärme annimmt. In der That, eine Anzahl von Ursachen kann namhaft gemacht werden, deren Wirkung Wärmeentwickelung und zwar teilweise in großem Maßstabe in irgend einem Teile des Inneren der Erde sein muß.

Wärme erzeugt sich bei allen Oxydationsprozessen, bei allen Vorgängen, die auf Verdichtung hinauslaufen, bei allen Auslösungen elektrischer Spannungen. Hauptsächlich ist aber

Entwickelung von Wärme die notwendige Folge der Massen- oder Gewichtsunterschiede in und an der Erde. Die Gewichte, die hier gegeneinander spielen, sind eine mechanische Wärmequelle, und aus der mechanischen Wärmequelle entspringe die chemische. Jede Massenvermehrung der Erde wird die Temperatur örtlich erhöhen. Eine Gebirgsfaltung, eine mächtige Aufschüttung hebt dort die Temperatur auf ein Niveau, das vorher viel niedriger gewesen war, und die Wärme breitet sich von da weiter aus.

Die Ansicht, daß die Wärme Bewegung erzeuge, ist von den Plutonisten zu einseitig vertreten. In dieser Einseitigkeit konnte sie nur abgelehnt werden. Von ihr unzertrennlich mußte eigentlich die Überzeugung sein, daß Bewegung auch Wärme erzeuge. Seit Robert Mayer die Erhaltung der Kraft gelehrt hat, kann man sich die eine ohne die andere nicht mehr denken. Volger, Mohr, Mallet haben folgerichtig geschlossen: das Niedersinken von Stücken der Erdoberfläche infolge der Zusammenziehung durch Erkaltung erzeugt Wärme. Nur ist die Frage, ob dies allein so viel Wärme erzeugt, als z. B. die vulkanischen Vorgänge erfordern. Diese Frage ist allerdings zu verneinen, denn die Bewegungen, um die es sich hier handelt, vollziehen sich alle zu langsam, als daß sie für sich zu großen und plötzlichen Leistungen befähigt wären. Auch die Bewegung einer Anzahl großer und einer unbekannten, jedenfalls sehr großen Menge kleiner Körper in einem nicht leeren Weltraume macht Wärme- und Lichterzeugung als Folge der Reibung und des Stoßes notwendig. Wir sehen Meteore aufleuchten, die unsere Atmosphäre streifen, und messen die Gluthitze der hereinstürzenden Meteoriten. Zwei feste Körper, die mit der beobachteten Geschwindigkeit von Meteoriten zusammentreffen, werden eine Wärme erzeugen, die genügt, um sie zu verdampfen. Auf diese Weise hat man eine glutflüssige Masse entstehen lassen, die den festgebliebenen Kern der Erde umgeben soll. Es ist derselbe Vorgang, aus dem zuerst Robert Mayer das plötzliche Aufleuchten von Sternen durch den Zusammenstoß zweier dunkler Weltkörper erklärte, und den er dann, wie später Siemens, für die Erhaltung der Sonnenenergie verwertete, indem er Meteorschauer in die Sonne stürzen ließ.

Welche Wirkung übt die Erdwärme auf das Klima? Ohne Zweifel gibt die Erde ununterbrochen Wärme ab. Wir fühlen und messen diese Wärme nicht, wo sie sich in die Atmosphäre verflüchtigt. Wir haben sie aber greifbar vor uns, wo sie die Temperatur einer darüber liegenden Wasserschicht erhöht. Nansen erklärt das Winter und Sommer gleichmäßig fortgehende Schmelzen der Unterseite des grönländischen Inlandeises durch das Eindringen der Erdwärme. Denn es ist klar, daß in einer Inlandeismasse von 2000 m, wie wir sie über Grönland annehmen müssen, die Wärmetiefenstufen gerade so ansteigen würden wie in einem Berg. Nur können sie nicht über 0° hinaussteigen, weil hier das feste Wasser flüssig wird und als Schmelzwasser unter dem Gletscher abströmt. Es ist hier der Einfachheit halber der Schmelzpunkt bei 0° angenommen. Selbstverständlich wird er unter dem Druck einer so großen Eismasse tiefer liegen müssen. Wenn auf der Oberfläche des Inlandeises Grönlands im Durchschnitt —20° bis —30° Jahrestemperatur herrschen, so könnte man annehmen, daß in 700—1000 m Tiefe eine Temperatur von 0° erreicht wird, wenn die Wärme in dieser Eismasse in derselben Weise zunimmt wie im festen Boden. Ob diese Voraussetzung zutrifft, wissen wir nicht, aber eine Zunahme muß zweifellos stattfinden.

In den Binnenseen hat zuerst Simony die merkwürdige Thatsache festgestellt, daß ihre allertiefsten Stellen eine etwas höhere Temperatur haben als die darüberliegenden. Daher kommt es auch, daß, wenn im Frühling die Erwärmung der Seen von obenher fortschreitet, während von untenher eine Erwärmung sich geltend macht, die kälteste Schicht sich in mittleren

Tiefen befindet. Eduard Richter hat sich nach neueren Beobachtungen an österreichischen Alpenseen und am Königssee ohne Rückhalt dafür ausgesprochen, daß wir hier eine Wirkung der Erdwärme haben. Eine Reihe von Beobachtungen gab am Königssee 5,5—5° am Grunde und weiter oben 3,9—4,4°. Man hatte von Fäulniswärme und von Quellen gesprochen, aber die Vervielfältigung der Beobachtungen schließt diese mehr örtlich bedingten Wirkungen aus. Auch die Gleichmäßigkeit dieser Tiefenwärme spricht für eine so beständige Quelle wie die Erdwärme.

Ergebnisse. Die Wärme nimmt überall beim Vordringen in das Innere der Erde zu. Keine Zone und keine Gesteinsbeschaffenheit macht darin einen Unterschied. In einer Tiefe von 1200—1700 m scheint die Zunahme 1° auf ungefähr 40 m zu betragen. Die großen Erhebungen der Erde: die Gebirge und die Festländer, sind ebenso wie die Erde im Inneren warm. Und auch in ihnen nimmt die Wärme nach der Tiefe zu. Diese Zunahme hängt von so vielen Umständen ab, daß man noch nicht behaupten kann, man kenne die thermische Tiefenstufe genau. Da nun im Meere die Temperatur mit der Tiefe abnimmt, so liegt die Masse des Meeres als ein kalter Körper den warmen Landmassen gegenüber. Und so sind auch tiefe Binnenseen kalt in die warme Erde eingebettet. In den polaren Ländern und in Hochgebirgen liegen große Eismassen auf der Erde. Es findet hier also Wärmeabgabe an Wassermassen, flüssige wie feste, statt, aber die einzelnen Fälle müssen noch eingehend geprüft werden. Wir haben darüber nur Andeutungen. In unserer Atmosphäre vermindert sich die Wärme rasch um 1° auf 200 m. Die Erde ist also überhaupt ein warmer Körper in kalten Umgebungen und muß infolgedessen ununterbrochen Wärme abgeben. Stellen, wo vulkanische Gesteine an die Oberfläche treten, geben mehr ab als Stellen, die mit Schichtgesteinen bedeckt sind.

Soweit wir nun in der Geschichte der Erde zurückblicken, ist sie niemals wärmer gewesen als jetzt. Es muß eine gewaltige Wärmequelle sein, die soviel abgibt und dabei sich in Millionen Jahren nicht unmerklich verändert. Wir können nicht glauben, daß dieser Vorrat von Energie ein passiv aufgespeicherter sei, er muß vielmehr sich erneuern. Daher darf man sich nicht bei dem Wärmevorrat beruhigen, den die Erde als Erbteil aus einer feurigflüssigen Vergangenheit bewahren soll, und darüber die Wärmequellen in der Erde selbst übersehen. Es wäre jedenfalls verfehlt, sich bei einigen Durchschnittszahlen für die Wärmezunahme nach der Tiefe zu begnügen, die auf sehr beschränktem Gebiete gewonnen sind. Die Beobachtungen müssen im geographischen Sinn ausgebreitet und tiefer in die Erde fortgesetzt werden. Und was uns noch vollständig fehlt, das ist der Nachweis der andauernden Gleichmäßigkeit der Wärmeabgabe. Bleibt die Erdwärme in derselben Tiefe gleich, und gibt die Erde an entfernten Punkten in derselben Tiefe und in gleichen Zeiten gleiche Wärmemengen ab? Alle unsere Beobachtungen über die Erdwärme sind derzeit nur stückweise Messungen vereinzelter Symptome. Es ist also von der größten Bedeutung, daß wir Beobachtungen erhalten, die in demselben Bohrloche lange Zeit mit Rücksicht auf mögliche Schwankungen fortgesetzt sind. Diese dürften jetzt das am dringendsten zu Wünschende im ganzen Bereiche der Wärmelehre der Erde sein.

Was wissen wir von der Natur des Erdinneren?

Wenn die tiefsten Tiefen, bis zu denen man in die Erde vorgedrungen ist, wenig über 2000 m betragen, das ist ungefähr 1/5000 des Weges, den man von der Erdoberfläche bis zum Erdmittelpunkt zurückzulegen hätte, so hat man kein Recht, von der Kenntnis des Erdinneren zu reden. Manches mehr oder weniger Einleuchtende mag über das Erdinnere ausgesagt werden, aber noch kann nichts sicher hingestellt werden. Es ist eine selbstgefällige Übertreibung, wenn

man sogar von den Eingeweiden der Erde redet, als ob man davon anatomische Kenntnis hätte. Wenn auch aus der doppelten Tiefe einige der heißesten Quellen entsprudeln, so ändert das nichts an der Geringfügigkeit des Ergebnisses für die Kenntnis des Erdinneren. Auch ihr Ursprung läge doch nur um weniges dem Erdmittelpunkte näher als die Erdoberfläche. Beide, die tiefsten Schächte und Bohrlöcher und die tiefsten Quellen, ritzen nur die Erdrinde in ihren oberflächlichsten Teilen auf. Was darüber hinausliegt, gehört ins Reich des Unbekannten.

Vulkanausbrüche, Erdbeben und jene langsamen Bewegungen, die man als gebirgsbildende zusammenfassen mag, haben ihre Ausgangspunkte 30—40 mal tiefer. Auch kann die Geologie Gesteinsschichten in muldenförmiger Lage eine berechenbare Strecke weit ins Innere der Erde verfolgen. Wir können z. B. annehmen, daß devonische Schichten, die an einer Stelle an die Oberfläche treten, an einer anderen 4000 m tief liegen. Die Schlüsse, die aus den Lotmessungen auf die Konstitution der Erde gezogen werden, reichen ebenfalls nicht weit in die Tiefe, sondern lassen nur in geringer Tiefe Massen von verschiedener Dichtigkeit unter der Erdoberfläche annehmen. Ob auch auf ausgedehntere Hohlräume geschlossen werden kann, steht noch nicht fest. Wenn das spezifische Gewicht des Erdinneren vier- bis fünfmal so groß ist als das spezifische Gewicht der Gesteine an der Erdoberfläche, muß man da nicht schließen, daß die Erde einen schweren Kern enthalte? Sicherlich ist dies eine notwendige Annahme. Ja, es ist die einzige notwendige. Wir neigen uns der neuerdings von Wiechert fester begründeten Ansicht Danas zu, daß dieser dichtere Kern aus Metallen, und zwar vorwiegend aus Eisen, bestehe. Und zwar aus folgenden zwei Gründen: Das Eisen ist an der Erde von allen schweren Metallen weitaus am verbreitetsten und besonders in den aus der Erde hervorquellenden vulkanischen Gesteinen stark vertreten; ferner ist das Eisen ein Hauptbestandteil der Meteoriten, und die Meteoreisenmassen bestehen sogar zum größten Teil aus Eisen. Auch der Druck, unter dem das Erdinnere steht, ist eine Größe, die wir in Betracht ziehen müssen; und unter diesem muß sich das Erdinnere wie ein fester Körper verhalten, dessen Starrheit mindestens ebenso groß sein muß, wie die irgend eines bekannten festen Körpers.

Einer kritischen Erwägung des Zustandes des Erdinneren steht die Unmöglichkeit entgegen, den Aggregatzustand irgend welcher Stoffe unter Temperaturen- und Druckbedingungen nachzuweisen, die wir experimentell nicht verwirklichen können. Unsere Vorstellungen von Fest, Flüssig und Gasförmig werden dabei einfach unverwendbar. Allerdings sagt uns die Physik, daß es für jeden Körper eine Temperatur gibt, oberhalb deren er nur noch in gasförmigem Zustand existieren kann. Dies ist seine kritische Temperatur. Jenseits dieser Grenze ist er im überkritischen Zustande. Wenn man nun voraussetzt, daß das Erdinnere als Reservoir der Kondensationswärme in überkritischem Zustand, also gasförmig sei, zugleich aber unter so mächtigem Drucke stehe, daß die Gase, von ihrer wesentlichen Eigenschaft der Leichtbeweglichkeit befreit, einen sehr dichten, starren Körper bilden, dessen ganzer Energievorrat in potentieller Energie besteht, so mag das theoretisch folgerichtig sein, gehört aber durchaus nicht zu den notwendigen Annahmen über die Erdwärme, sondern ist eine Spekulation für sich. Vorzüglich den physikalischen Spekulationen gegenüber, die uns bald ein festes, bald ein gasförmiges, bald ein um einen festen, schweren Kern flüssiges Innere, bald endlich eine bienenwabenartige Verteilung flüssigen Stoffes in festem Gerüst glaubhaft machen wollen, kann der Geograph sich nur auf die beobachteten Thatsachen zurückziehen und das Recht in Anspruch nehmen, gerade nur die Theorie anzuerkennen, die mit den geographischen Erscheinungen in Übereinstimmung gebracht werden kann. Diese verlangen aber ein spezifisch schweres Erdinnere, dann eine Zunahme der Wärme in der Erdrinde bis über den Schmelzpunkt der Gesteine hinaus in einer nicht sehr bedeutenden Tiefe, endlich eine Erdrinde, die starr genug ist, um den verschiedenen äußeren Anziehungskräften Widerstand zu leisten.

II. Die Wirkungen aus dem Inneren der Erde.

1. Vulkanismus.

Inhalt: Die Bildung der Vulkane. — Erdbeben und Explosionen. — Die vulkanische Schmiede. — Dampf, Rauch und Asche. — Der Lavaausbruch. — Fumarolen. — Die verschiedenen Arten vulkanischer Ausbrüche, ihre Dauer und Zwischenpausen. — Vulkanspalten. — Die Erdspalte und der Krater. — Der Vulkankegel. — Der Grundbau der Vulkane. — Vulkanische Kessel, Maare und Thäler. — Vulkanruinen. — Die Zahl und Verteilung der Vulkane. — Die Vulkane in der Nähe des Meeres. — Die Vulkanreihen und Vulkangruppen. — Vulkanische Inseln. — Untermeerische Vulkanausbrüche. — Schlammvulkane. — Die Masse der vulkanischen Auswürfe. — Die Bereicherung der Erdoberfläche mit neuen Gesteinen. — Die vulkanische Landschaft. — Neptunisten und Vulkanisten. — Die örtliche Bedingtheit der vulkanischen Thätigkeit. — Die Rolle der Lava in den Vulkanausbrüchen. — Die Bedeutung des Wassers in den Vulkanausbrüchen. — Vulkane und Spalten. — Vulkanismus und Gebirgsbildung.

Die Bildung der Vulkane.

An einem Punkte des zentralen Mexiko, in 19° 9′ nördl. Breite, 200 km von jedem anderen Vulkan und noch weiter von der Küste entfernt, aber in der Nähe der Linie, welche die großen Vulkane des mexikanischen Hochlandes verbindet, begannen am 29. Juni 1759 unterirdische Geräusche, die mit Erdbeben verbunden waren. Am 28. September öffneten sich Spalten in der Erde, aus denen Rauch hervorquoll, der Asche aus der Luft herabfallen ließ. Nachts um 3 Uhr am 29. September begann der eigentliche Ausbruch, er ließ die Asche bald fußhoch auf dem Lande anwachsen, warf auch größere Steine aus und erzeugte Schlammströme, da Bäche der gebirgigen Gegend sich mit der Asche verschmolzen. Man sah Feuer aus der Erde schlagen und bemerkte, wie eine Erhöhung sich bildete, die in den zeitgenössischen Berichten mit einem schwarzen Schlosse (castillo negro) verglichen wird. Nicht bloß ein Berg war die Frucht dieser Erschütterungen und dieser Ausbrüche, sondern eine ganze Reihe auf einer größeren, schildförmig gewölbten Lavafläche, die außerdem noch von zahlreichen kleinen Auswurfskegeln übersäet ist. Zweifelhaft ist es, ob nicht noch spätere Eruptionen an dem Aufbau des neuen Vulkans weiter gearbeitet haben. Die erste genaue Beschreibung davon wurde erst 1789 verfaßt, und Humboldt stellte 1803 die ersten Messungen der Höhe an.

Der Vesuv war seit Menschengedenken ein stiller Berg gewesen, so daß der ältere Plinius ihn in seine Liste feuerspeiender Berge gar nicht aufnahm. Im August des Jahres 79 n. Chr. hatte er seinen ersten Ausbruch in geschichtlicher Zeit. Der jüngere Plinius erzählt in dem bekannten Brief an Tacitus, wie seine Mutter zuerst eine an Größe und Anblick ungewöhnliche



DER KIBO (6010 m), Westgipfel des Kilimandscharo, von Nordosten, aus 3700 m Höhe gesehen.

Wolke sich erheben sah, an Gestalt keinem anderen Baum als der Pinie zu vergleichen, denn mit einem sehr hohen Stamme wuchs sie in die Höhe, zerteilte sich dann in einige Zweige und breitete sich aus; bald war sie hell, bald braun von Farbe. Die Luft verdunkelte sich von fallender Asche. Als der Oheim sich dem Ort der fallenden Asche näherte, merkte er, wie diese dichter und heißer wurde, dann fielen Bimssteine und dunkle, vom Feuer zersprengte und geschwärzte Steine. Aus dem Vesuv brachen an einigen Stellen große Flammen hervor, und von ihnen ging giftiger Schwefelgeruch aus. Erdbeben erschütterten den Boden. Das Meer trat zurück, und seine Ufer erhöhten sich durch die ausgeworfenen Trümmer des Berges. Der Aschen- und Steinfall dauerte anderthalb Tage an, und bekanntlich war er es, der die blühenden Städte Pompeji und Herculaneum am Südfuße des Vesuvs unter einer 6 m tiefen Tuffschicht begrub, aus der sie erst 1700 Jahre später wieder auferweckt worden sind. Ein ganz ähnlicher Vorgang muß es gewesen sein, als im Oktober 1893 der gleichfalls für erloschen gehaltene Berg Calbuco im südlichen Chile mit Erdbeben, Explosionen und mächtigem Aschenregen ausbrach.

Am 15. Juli 1888 wurde der Bandai, ein 1840 m hoher Vulkan Nordnippons, vielleicht seit 1000 Jahren ausgebrannt, durch eine gewaltige Explosion zerrissen. Ein Japaner berichtet: „Der Morgen des 15. Juli brach an mit klarem, schönem Himmel. Die Quelle floß wie gewöhnlich. Da ereignete sich ungefähr um 8 Uhr ein furchtbares Erdbeben, so daß wir alle aus den Häusern stürzten. Nach ungefähr 10 Minuten geschah eine Explosion und eine Masse dichten schwarzen Rauches bedeckte den Himmel. Unter Donner fielen Staub und Steine, die Luft wurde pechschwarz, die Erde bebte, Mund, Nase, Augen und Ohren waren mit Schlamm und Asche verstopft. Nach Verlauf einer Stunde hörte der Steinregen auf, und an Stelle der Nacht trat ein mondscheinähnliches Licht, zwei Stunden nach dem ersten Erdstoß war Ruhe unter einem klaren Himmel eingetreten."

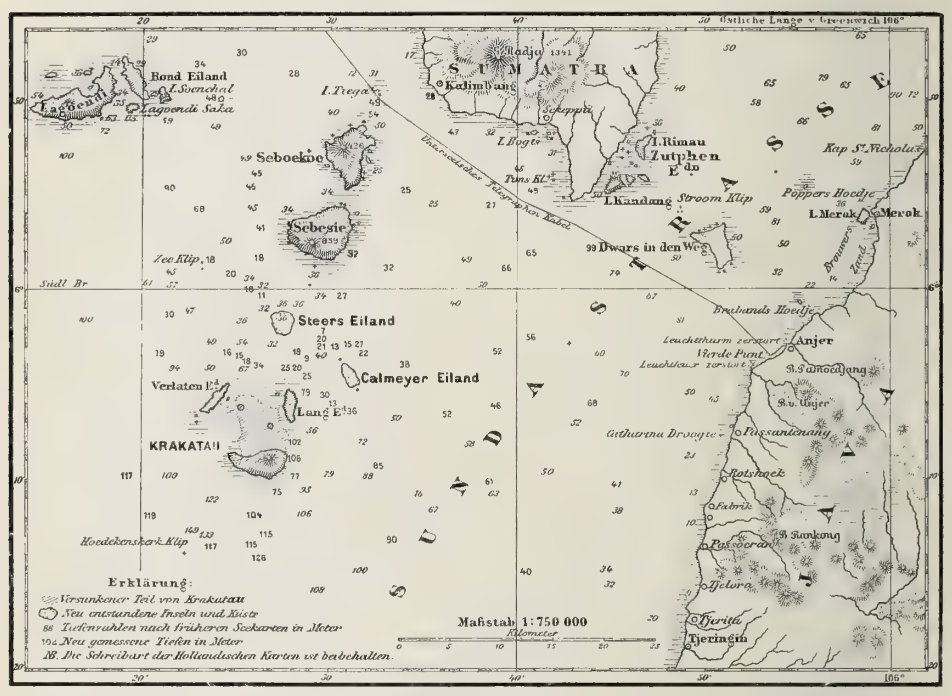
Ende Januar 1866 begannen einige Teile von Santorin zu sinken, man sah im Boden, in Mauern Spalten entstehen, und einzelne Häuser sanken in einer Stunde über einen Finger breit. Das Meer am Hafen sah man sich kräuseln und ungewöhnliche grünliche und rötliche Farben annehmen. Unterirdisches Getöse, aber kein Erdbeben. Endlich verkünden Dampfwirbel, die dem Meer entsteigen, und aufzüngelnde Flammen das Nahen stärkerer Veränderungen, und am 1. Februar steigen schwarze, bereits erstarrte Lavamassen als Klippen über das Meer, das sich erwärmt und von der Neubildung wie erschreckt wegstrebt. Die Klippe, seitdem Georgios genannt, wächst an Umfang und Höhe, sinkt auch an einigen Stellen wieder ein. Weitere Felsen werden am 15. Februar geboren, Lava quillt nach, im Mai noch einmal Klippen bildend. Erst 1870 ist vorübergehend Ruhe wieder eingekehrt.

Durch einen merkwürdigen Zufall ist uns der Reisebericht des sächsischen Bergmanns Vogel erhalten, der, als er Anfang 1681 die Sundastraße passierte, die grüne und baumreiche Insel Krakatoa öde und ausgebrannt fand; sie war im Mai 1680 nach einem großen Erdbeben mit lautem Donnern auseinander geborsten, worauf Schwefelgeruch die Luft und Bimsstein das Meer erfüllte. Seitdem 203 Jahre tiefe Ruhe. Als Krakatoa 1880 topographisch aufgenommen wurde, war es längst wieder vom Seestrande bis zum Gipfel bewaldet. Am 21. Mai 1883 verwandelte sich unter Erdbeben und Donner die kleine Verlaten-Insel bei Krakatoa in einen Krater, der Feuer, Rauch und Bimssteine auswarf. Am 26. August verfinsterte sich in der Sundastraße der Himmel während 18 Stunden durch Rauch und Steine, die ein neuer Krater auf der Insel Krakatoa auswarf, deren nördliche Hälfte durch Explosionen und Einstürze vernichtet wurde, während zwei neue Inseln auftauchten (s. das Kärtchen auf S. 116). Die Bimssteine schwammen so dicht auf dem Meere, daß es unmöglich war, mit Schöpfeimern

zum Wasser zu gelangen, und die Bewegung des Schiffes durch sie hindurch machte ein Geräusch, wie wenn es junges Treibeis zu durchdringen hätte.

In allen diesen Fällen folgten also auf Bewegungen des Bodens, die sich zu heftigen Erschütterungen steigerten, explosionsartige Ausbrüche, die entweder nur die Sprenggase mit dem dadurch herausgetriebenen Schutt ausstießen oder auch Lava ausströmen ließen. Die Dauer eines solchen Ausbruches ist immer gering im Vergleich mit der Heftigkeit der Erscheinung und der Größe der Veränderungen, die er hervorbringt.

Seltener als solche Katastrophen ist die oft durch Jahrhunderte nachweisbare Thätigkeit mit kleinen Zwischenräumen. Bis zum Jahr 1889 hat der Stromboli aus einem an seiner Flanke ge-



Karte von Krakatoa und Umgebung. Die neugebildeten Inseln sind Steers Eiland und Calmeyer Eiland. Vgl. Text, S. 115.

öffneten Krater alle 8 Minuten eine Masse von Asche und Steinen ausgeworfen, die in der Regel wieder in den Krater zurückfielen. Seitdem hat diese Thätigkeit sich gesteigert; aus dem einen Krater wurden vier, und die Zwischenräume der Ausbrüche sind größer und unregelmäßiger geworden; seit 1894 scheint indessen der Stromboli wieder ruhiger werden zu wollen. Der Sangay in Ecuador war früher in einem ununterbrochen brodelnden Zustande. Wisse zählte an ihm 267 kleine Ausbrüche in einer Stunde. Auch der Oshima in Japan und der Izalco in San Salvador gehören zu den dauernd eruptiven Vulkanen. Das sind alles Vulkane, über deren Gipfel man dauernd eine Wolke aus Dampf und Asche, nachts mit dem Feuerschein des glühenden Schlundes, schweben oder periodisch sich ballen sieht. Es gibt andere, in denen das einzige Zeugnis, daß sie noch nicht erloschen sind, ein durch Menschenalter fortgesetztes Rauchen ist.

Äußere Umstände fügen dem Bilde des Vulkanausbruches neue Züge zu. Schnee- und Eismassen, die auf höheren Vulkanen angehäuft liegen und oft schon vor dem Ausbruch durch die

allmählich sich steigernde unterirdische Wärme in Fluß geraten, wirken ähnlich wie die plötzliche Verdichtung des ausgeworfenen Wasserdampfes in den höheren kälteren Luftschichten zu Wolken, die unter Donnerschlägen Regenfluten ergießen. Die gewaltigen Wasserfluten, die so plötzlich losgelassen werden und auf ihrem Wege thalwärts die lockeren Massen älterer vulkanischer Auswürfe samt der jetzt neu hervorströmenden „Asche" mit sich reißen, kommen als verwüstende Schlammströme unten an. Bei hohen, mit dauernder Firndecke verhüllten Vulkanen, wie dem Cotopaxi, hat öfter der rasche Weggang des Schnees den nahenden Ausbruch verkündet. Auf diese Weise entstehen „Schlammauswürfe", die zu den verheerendsten Folgen vulkanischer Ausbrüche gehören. Pompeji und Herculaneum sind durch verflüssigte Asche zerstört worden, die, zu feinkörnigem Tuff erstarrend, Häuser und Menschen übergossen und abgeformt hat. Die Entstehung derartiger Ströme wird dadurch erleichtert, daß die Auswürfe aus dem höchsten Krater eines Vulkans oft nur aus der feinsten, kaum fühlbaren Asche bestehen, die durch Eisenchloridbeimengung sehr hygroskopisch ist, d. h. begierig, Feuchtigkeit aus der Luft aufzusaugen, und mit dem Schnee, auf den sie fällt, bald einen flüssigen Schlamm bildet. Salzdämpfe mögen dazu noch beitragen, indem sie den Schmelzpunkt erniedrigen. Am Ätna sah man glühende Lavablöcke sogar Schnee erzeugen, als sie in Firnmassen fielen und unter Entwickelung einer Dampfsäule in das Schmelzwasser versanken: die aufsteigende Dampfsäule fiel aus der kalten Luft fast sogleich wieder als Schnee nieder. Die Nachrichten von Vulkanen, die siedendes Wasser auswerfen — der Volcan de Agua bei Guatemala soll danach benannt sein — führen wohl großenteils auf solche Verflüssigungen zurück, die auch die Ursache der furchtbaren Verwüstungen bei Ausbrüchen des Cotopaxi sind.

Erdbeben und Explosionen.

Wir gewinnen aus der Geschichte der Vulkanausbrüche den Eindruck, daß gewöhnlich das kurze, heftige vulkanische Erdbeben allen anderen Erscheinungen vorangeht. Seine Heftigkeit zeugt von dem Druck der andrängenden Massen gegen die Gesteinsdecke des Vulkans, die endlich zerrissen wird. Die Dämpfe und die Glutmassen suchen Wege zum Ausbruch, die nicht immer dieselben sind, denn eher reißen die gespannten Dämpfe den Körper des Berges auseinander, als daß sie die Lava bis zum Kraterrand höben. Die zischend entweichenden Dämpfe legen den Vergleich mit Ventilen nahe; lassen doch auch die Erdbeben nach, wenn die Dämpfe ausströmen. Bruchstücke älterer Laven und anderer Gesteine sind in den Auswürflingen fast aller Vulkane zu finden. Wenn sie, wie am Vesuv, in den älteren Auswürfen, z. B. von 79 n. Chr., vorkommen und in den jüngeren fehlen, so ist das ein Zeichen, daß seitdem der vulkanische Schlot nie mehr so fest geschlossen war wie vordem. Dem entsprechend ist auch das Erdbeben, mit dem 79 n. Chr. eine neue Phase der Vesuvthätigkeit anhub, eines der stärksten gewesen, das diese Region jemals heimgesucht hat. Die meisten Vesuvausbrüche sind seitdem nur von den leichteren und örtlich beschränkten Erschütterungen begleitet gewesen, die unzertrennlich sind von den Dampfexplosionen. Dem Mauna-Loa-Ausbruch von 1868 gingen vom 28. März an Erdbeben voraus, die aus Tausenden von Stößen bestanden, die stundenlang die Erde nicht aus dem Zittern kommen ließen. Dazwischen heftigere Stöße, darunter ein sehr zerstörender am 2. April; am 7. April Ausbruch, am 8. April Aufhören der Erdbeben. Leider sind die Beispiele nicht selten, daß ganz unerwartete Erdbeben die eben erst in Ruhe gewiegte Umgebung eines Vulkans einige Zeit nach einem großen Ausbruch erschüttern. Wenn man weiß, daß der Verlauf eines großen Ausbruches durch ein stetiges Herabsteigen der Lava und

ihrer Symptome zu tieferen Linien bezeichnet ist, so versteht man den letzten Versuch der Lava, unter Erschütterungen auf dem niedersten Niveau durchzubrechen, wo ihre Bewegungen begonnen hatten. Daher Erdbeben als Vorboten und Erdbeben als Nachklang großer Ausbrüche.

Man hätte immer gerne gewußt, welche Vorzeichen einen heftigen Vulkanausbruch verkünden, und hat jedes Symptom eines vulkanischen Berges daraufhin angesehen. Die langsam zunehmende Erwärmung schmilzt auf den Höhen den Schnee, sie wird außerdem durch das Ausbleiben der Quellen, das stärkere Dampfen der Fumarolen angezeigt, und mit der stärkeren Dampfentwickelung, die Staub mitreißt, hängt die tiefere Färbung des Rauches zusammen. Leichte Erdbeben sind eine zu gewöhnliche Erscheinung, als daß sie Besonderes bedeuten müßten; aber ihre Fortdauer und Steigerung ist verdächtig, besonders wenn sie mit starken unterirdischen Geräuschen verbunden sind. Vollkommen vorzeichenlos treten nur die langsamen Lavaausflüsse hervor, aus denen die Ausbrüche reiner Lavavulkane bestehen.

Wir stellen die Explosion dem Lavaausbruch als den Dampfausbruch gegenüber, der festes Material zerkleinert aus der Tiefe bringt und die Schlote und Kratermündungen erwei-

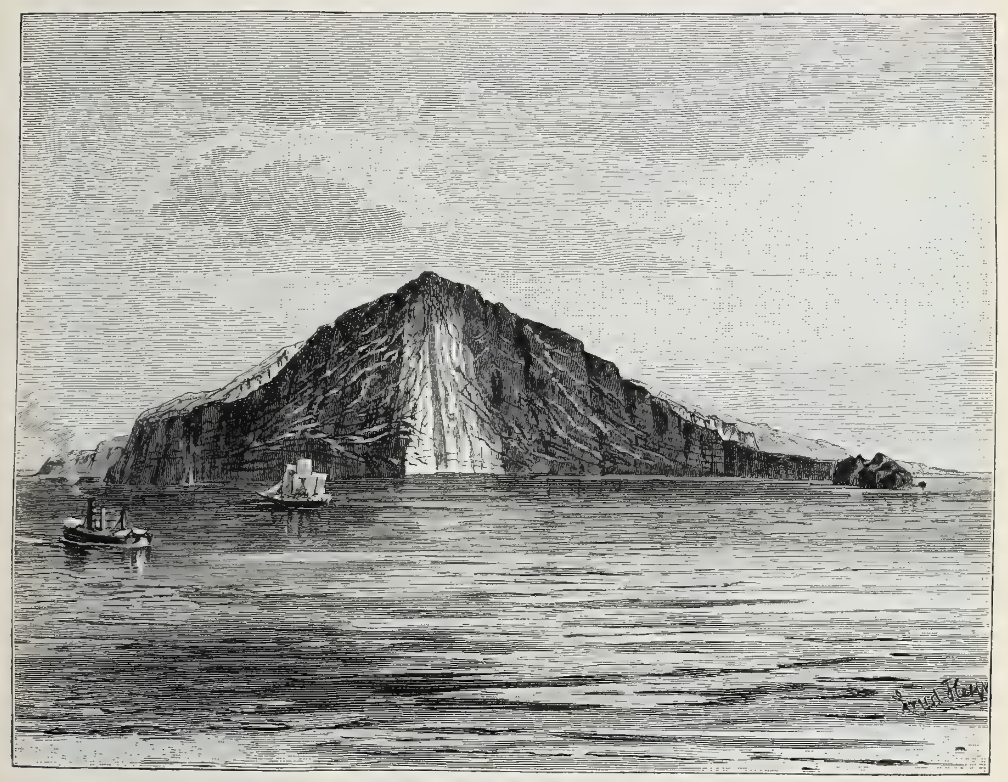


Der neue See Rotomahana, Neuseeland. Nach A. P. W. Thomas.

tert. Die Explosionen zerreißen den Zusammenhang des Felsgerüstes des Berges und machen aus zusammenhängenden großen Gesteinsmassen bergsturzähnliche Trümmer. Felstrümmer von 2000 Zentner sind vom Vesuv, von 4000 Zentner vom Cotopaxi ausgeworfen worden, und bei der Explosion des Tarawera (Neuseeland) 1886 sind Schuttwälle von 15 m Höhe aufgetürmt worden. Solche Gewichte und Massen erscheinen nicht so unwahrscheinlich, wenn man erwägt, daß bei dieser Explosion der schöne Rotomahanasee mit seinen Sinterterrassen in einer Explosionsfurche von 10 km Länge, 1,2 km größter Breite und 150 m Tiefe, die sich in den Taraweraberg mit 250 m hohen Wänden fortsetzte, vollständig versank. In dieser Schlucht haben sich in kraterähnlichen Senken (s. das obenstehende Kärtchen) neue Seen und Geiser gebildet. Man hat die Gesamtmasse der Auswürfe bei dieser Explosion auf gegen 1300 Millionen cbm angeschlagen; die Maoriniederlassungen am Fuß des Tarawera wurden unter 10 m hohem Schutt begraben.

Als Ausbrüche, die fast nur aus Explosionen bestehen, waren immer schon die des Stromboli vor seiner neuerlichen, stärkeren Thätigkeit bekannt. Aber der merkwürdigste Fall ist die Explosion des Bandai in Japan 1888, wobei weder Lava noch vulkanische Asche ausgeworfen, sondern nur der halbe Berg zerrissen und in die Luft gesprengt wurde. Vgl. oben, S. 115. Es entstand dadurch ein Thal von 1,5 km Breite und 150 m hohen Steilwänden, auf das der

Name Krater nicht passen würde. Die Untersuchung der herausgeworfenen, über 60 qkm ausgebreiteten Massen, die man auf mehr als 1200 Millionen cbm geschätzt hat, zeigte, daß sie durchaus keinen tiefen Ursprung hatten, sondern nur aus den Trümmern des zersprengten Berges bestanden. Vielleicht ist aber die größte vulkanische Explosion moderner Zeiten die der mehrere hundert Meter hohen Insel Krakatoa (s. die untenstehende Abbildung und das Kärtchen S. 116) in der Sundastraße, die 1883 den Krater zerriß und die Hälfte der Insel bis zu 300 m Tiefe versenkte. Zugleich erhoben sich neue Inseln aus 30—40 m tiefem Grunde, der Bimsstein schwamm 2 m hoch auf dem Meere, die Staubsäule wurde bis 11,000 m emporgetrieben, und als der Staub sich senkte, trat bis zu 50 km vom Orte des Ausbruches Dunkelheit ein.



Der Rakata-Krakatoa. Nach Judd.

Nur durch die Annahme, daß früher gefallene, leichte Asche neuerdings durch Dampfausströmungen in die Luft geführt wurde, ist ein Ausbruch zu erklären, wie ihn 1839 der Vesuv hatte: ohne alles Getöse, in aller Stille, erfolgte ein ungeheurer Aschenauswurf, der so dicht war, daß die Sonne verfinstert wurde und die Straßen, Felder und Gärten bis gegen Castellamare hin mit einer fußdicken Schicht von Asche und Rapilli (kleine Stückchen schlackenähnlicher Lava) bedeckt waren.

Die vulkanische Schmiede.

Der große Erforscher ätnaischer Vulkanausbrüche, Silvestri, versichert, aus dem dumpfen Donner des mit heftiger Spannung ausbrechenden Dampfes metallische Töne vernommen zu

haben wie vom Schlage des Hammers auf den Amboß. Wer wundert sich da, daß die alten Mythologen in diesen Tiefen einen Gott Vulkan mit seinen Cyklopen auf unterirdischem Amboß die Blitze des Zeus schmieden ließen? Leopold von Buch hörte bei dem Vesuvausbruch von 1794 „fortwährend einen dumpfen, aber heftigen Lärm wie der Katarakt eines Flusses in eine tiefe Höhle hinab“. Beim Santorinausbruch von 1866 machten die klingenden Geräusche auf einen vielleicht prosaischeren Beobachter wie Von Seebach mehr den Eindruck von zusammenstürzendem Porzellan oder Glas. Er schreibt sie den Lavaplatten und -brocken zu, die durch die Bewegung des Lavastromes zusammengeschoben wurden.

Im allgemeinen werden die Donnerschläge im Verlauf eines Vulkanausbruches unterscheidbarer, das ununterbrochene Dröhnen hört auf, manchmal folgen sie einander wie ein mächtiger Pulsschlag. „Erschreckend sonderbar“ ist aber ihr plötzliches Verstummen. Als ob das langsame Sichsteigern und plötzliche Aufhören der vulkanischen Thätigkeit sich auch in dem Tongemälde eines großen Ausbruches abbilden wollte, hört man das Gebrüll und Getöse in einem Krater oder Lavakegel plötzlich abbrechen, einige Minuten schweigen und dann ganz sachte wieder anheben. Albert Heim hat darauf aufmerksam gemacht, daß bei dem Vesuvausbruch von 1872 Einsetzen, Sichsteigern und Aufhören sowie die Pausen immer gleichmäßig sich wiederholten. Der einen Ausweg suchende Dampf pfeift wie der Sturm in dem winkeligen Gemäuer eines vielzinnigen Trümmerbaues. Der Ton steigert sich zu Geheul, dieses zu Donner, der sich in das Knattern der herausgeworfenen Steine auflöst, darauf plötzlich Ruhe und nach einer Pause, die den in Mitleidenschaft gezogenen Menschen endlos vorkommt, neuer Paroxysmus. Häuft sich der ausgestoßene Dampf über dem Berge an und verdichtet er sich rasch zu Wolken, so füllen die Donnerschläge und der Sturmwind eines Gewitters die Pausen des unterirdischen Konzertes aus. Währenddessen fließt in der Tiefe die Lava unter einer rasch sich bildenden Decke dünner Schollen, die sie in ihrer Bewegung zusammen und übereinander drängt, so daß hier ein Geräusch von zerbrochenen und zerstoßenen dünnen Steinplatten sich mit dem Knall entweichender Gasblasen auf der Vorderseite des Lavastromes mischt.

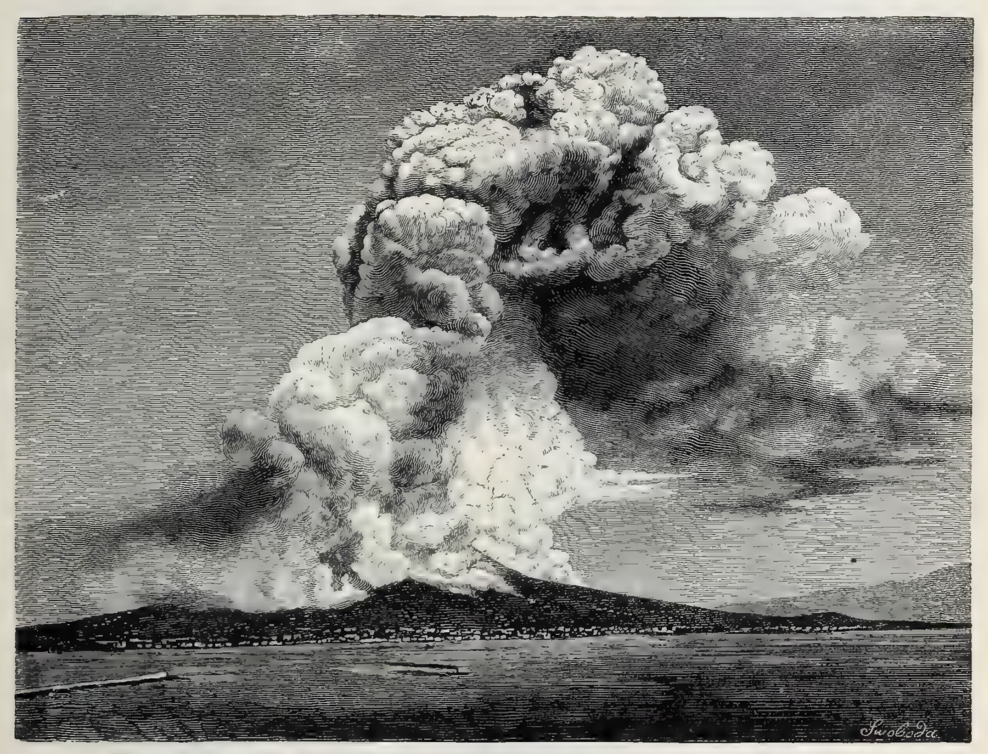
Dampf, Rauch und Asche.

Wasserdampf bewirkt die vulkanischen Explosionen und beschleunigt die Lavaausflüsse. Wir erkennen ihn schon an den leuchtend weißen Wolkenballen, die den braunen vulkanischen Aschenrauch siegreich durchqualmen, an den vereinzelten großen Wassertropfen, die aus solchen Wolken fallen, an den Gewittergüssen endlich, die aus den vulkanischen Wolken niedergehen, wenn sie sich aus der warmen Nähe des Berges entfernt haben. Doch wird sicherlich auch sehr viel Wasserdampf nicht sichtbar, da die Erwärmung der Luft über einer Lavamasse, besonders über einem Lavasee, zu groß ist, als daß der Wasserdampf sich darüber verdichten könnte.

Außer Wasserdampf sind die häufigsten gasförmigen Auswurfsstoffe der Vulkane Chlor und Chlorwasserstoff, Schwefelwasserstoff, schweflige Säure, Kohlensäure, Borsäure, Ammoniak, Kohlenwasserstoff, vielleicht auch reiner Wasserstoff. Ammoniakdämpfe entwickeln sich nicht bloß dort, wo die Lava über organische Massen hingeht: 1872 sahen wir nach dem großen Vesuvausbruch jedes Aschenkorn, das von den vom Krater herwehenden Dämpfen getroffen werden konnte, von einem schneeweißen Salmiakkriställchen gekrönt. Nach dem Ausbruch haucht die Lava, wo sie am heißesten ist, aus Gasquellen, „Fumarolen“, Chlorwasserstoff aus; wo die Temperatur niedriger ist, ammoniakalisch riechende Dämpfe, wo die Temperatur noch weniger hoch

ist, Wasserdämpfe. In den Pausen zwischen seinen Ausbrüchen entwickelt der Ätna Wasserdampf, Chlorwasserstoff, Schwefelwasserstoff und Kohlensäure.

Die Dampf- und Rauchmassen haben in der Lebensgeschichte der Vulkane und bei jedem Ausbruch ihren besonderen Gang. Wenn ein leichter Rauchstrahl aus dem Gipfel des Berges zunächst senkrecht emporsteigt, um bald als bräunliches und immer lichter werdendes Band in geringer Höhe über dem Horizont, einer Schichtung der ruhigen Luft folgend, lang und leicht hinzuziehen, da spricht sich die Ruhe des schlummernden Vulkanes aus. Es liegt etwas traumhaft Anmutendes in diesem Bild. Wenn es aber in der Dämmerung in diesem Rauche zu leuchten



Rauchwolken des Vesuvs, 1872. Nach einer Photographie von Sommer.

beginnt und der Feuerschein in seiner Zu- und Abnahme das Steigen und Sinken des Spiegels von einem herandrängenden Lavasee verkündet, dann tritt auch der Rauch in stärkeren Formen auf. Das ruhige Herausströmen macht heftigem Qualmen Platz. Gelegentlich entschweben mächtige, stoßweise hinausgehauchte Rauchringe. Die Höhe der Rauchsäule wird täglich größer. Sie wächst am Vesuv (s. die obenstehende Abbildung) bis auf 5000 m, hat am Krakatoa 1883: 30,000 m erreicht. Bricht endlich die Lava aus, so ist unter einer Doppelpinie von Rauch- und Dampfwolken, welche die Höhe des Berges um mehr als das Doppelte übertrifft, der Vulkan selbst sehr klein. Den Lavaströmen entsteigen helle Dämpfe, die sich zu einer Schichtwolke in der Höhe des Gipfels ballen und ausbreiten. Diese durchdringt der Rauch- und Dampferguß des Kraters in erst senkrecht ansteigender, dann zu schöner Ballenwolke sich ausbreitender Säule. Nicht bloß von der Triebkraft der Explosionen geworfen, sondern gleich Säulen heißer Luft, die als Wirbel über Steppenflächen ziehen, infolge des eigenen geringeren

Gewichtes emporschießend, bewegt sich die Dampfmasse als ein örtlicher Wirbelsturm (s. die untenstehende Abbildung) und reißt die umgebende Luft in mächtiger Cyklone empor. Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff geraten in Brand. Man erkennt sie an ihren blauen Flammen und an der Entzündung bei der Berührung mit Luft. Andere Gase, auch atmosphärische Luft, mögen mit glühendem Staub erfüllt, jene großen rotgelben Flammen bilden, die man in die Rauchsäule aufschlagen und aufzüngeln sieht. Dazu kommen die Blitze der Gewitter, die bei der plötzlichen Abkühlung der Dampfmasse losbrechen.


Vulkanische Trombe auf Santorin. Nach K. von Seebach. Vgl. Text hier und S. 129.

Der aus den Spaltenventilen des Vulkans herauszischende Dampf wird zu **Rauch**, indem er feste Stoffe aufnimmt, die entweder schon als Sand und Staub bereit lagen, oder die er selbst zerkleinert, indem er sie mitreißt. Man sieht, wie bis zu mehreren hundert Metern emporwirbelnde Lavafetzen in der Luft zerreißen. Man sieht sie ihre Formen ändern, sich auseinander- oder zusammenziehen; dabei leuchten sie selbst bei Tage rotglühend. Treibt sie der Wind nach einer Seite, so vereinigen sie sich im Niederfallen und bilden nicht selten einen kleinen oberen Lavastrom, ehe die großen Lavamassen weiter unten hervorbrechen.

Wohl ist starker Rauch oft das Zeichen eines nahenden Ausbruches, aber auch Vulkane, die seit Menschengedenken keinen Ausbruch gehabt haben, entsenden Rauch, aus dem Asche mit Schwefelgeruch niederfällt. Im Inneren eines Vulkans muß nach den großen Erschütterungen des ersten Ausbruches sich eine klare Sonderung der Wege des Dampfes und der Lava ausgebildet haben. Nur so ist es denkbar, daß die Dämpfe aus der Gipfelöffnung und den Seitenrissen heraustreten, während die Lava fast geräuschlos viel tiefer unten ausfließt. Beide Stoffe teilen sich so, daß, während die Dämpfe aufsteigen, die Lava abwärts fließt. Nur auf diese

Weise ist es zu erklären, daß die Lava oft ganz frei von Dämpfen ist. So gehören also die Dampfaushauchungen mehr den oberen Teilen des Vulkans, die Lavaergüsse den unteren an. Doch reißen die Dämpfe feste Massen von kleinerem Umfang mit sich empor und werden, indem sie sich mit ihnen erfüllen, zu braunem Rauch.

Die vulkanische Asche trüge besser den Namen „vulkanischer Sand". Sie ist zerriebene und, wie die mikroskopische Gesteinsanalyse zeigt, durch Dämpfe zersprazte Lava. Albert Heim hat dafür den treffenden Ausdruck „zerschossene Lava", weil ihm die herausgeschleuderte Lava wie Flüssigkeit vorkommt, die aus einem Gewehr geschossen wird.

Man begegnet Berichten von staubartig feiner Lava, die wie ein graues Mehl aus der Luft herabschwebt. Neben den kleinen eckigen oder abgerundeten Lavastückchen zeigt das Vergrößerungsglas in der Asche Splitter oder auch ganze Kriställchen der Lavamineralien, daneben Würfelchen von Kochsalz und runde Glaskügelchen. Eine blendendweiße, kieselreiche Asche warf die liparische Insel Vulcano 1873 aus: die Lipariotien hatten das Schauspiel eines nordischen Schneefalles, freilich an einem Material von ganz besonderer Natur. Die vulkanischen Aschen sind die Fundstätten der schönsten Kristalle von Augit, Leucit, Nephelin, Olivin und anderen. Viele davon sind auf das reinste ausgebildet. Und doch zeigen die Reste von blasiger Lava, die manchen anhängen, daß sie erst beim Zerreißen der Lava frei geworden und zum Teil wohl erst durch Reibung in der Luft „herauspräpariert" worden sind.



Gedrehte Bombe vom Vesuvausbruche des Jahres 1872.
Vgl. Text, S. 124.

Solche größere Bestandteile helfen schon das bilden, was man mit dem italienischen Worte Lapilli (süditalienisch Rapilli), d. i. Steinchen, Geröll nennt. Bald sind es blasige, bald dichte Lavastückchen. Beim Niederfallen sichten sie sich nach der Schwere; die Asche wird über Länder und Meere hingetrieben, die faustgroßen Stücke helfen den Vulkankegel erhöhen. Silvestri schätzt, daß der Ätna bei seinen Ausbrüchen von 1864—65 insgesamt 7 Millionen cbm lockeres Material ausgeworfen habe. Das ist allerdings nur der dreizehnte Teil der gleichzeitig ergossenen Lava, aber am Fuße des Berges lagen die Rapilli, Sande und Asche stellenweise mehr als meterhoch. Während damals auf dem Ätna selbst neben Steinblöcken von $1^1/_2$ cbm Dicke Lagen von Rapilli von durchschnittlich 4 cbcm fielen, ergoß sich über Catania Sand, über Malta und Kalabrien Asche. Wenn von älteren Vulkanen gesagt wird, sie hätten keine Aschenlager, wie von dem im Solfatarenstadium sich befindenden Demawend, so mag man an diese ungleiche Ablagerung und an die spätere Sichtung der Aschenschichten durch Wind denken.

Wenn Niederschläge einen Aschenregen begleiten oder das Wasser des am Vulkanberge schmelzenden Schnees sich mit der Asche mischt, entstehen Schlammströme von verheerender Gewalt, die erkaltet zu Tuff und Traß erhärten. Beim Krakatoaausbruch hat sich der Schlamm von ausgeworfener Asche und verdichtetem Wasserdampf in der Luft gebildet und ist als

Schlammregen auf das Verdeck von Schiffen gefallen. So mag wohl mancher Traß von besonders feinem Korn entstanden sein.

Als vulkanische Bomben (s. die Abbildung, S. 123) bezeichnet man die beim Fluge durch die Luft abgerundeten oder spindelförmig gedrehten Lavabrocken, die oft schon erhärtet niedersausen oder auch beim Fallen flockenartig abplatten oder endlich wie Granatgeschosse in der Luft zerspringen. Ihr Kern kann ein fremdes Gesteinsstück sein, oder die Lava kann beim Erkalten sich im Inneren verändert haben. Innen bimssteinartig poröse, außen mit glänzender dunkler Rinde umgebene Lavabrocken, die der Vulkan von Santorin 1866 auswarf, nannte Von Seebach Lavabrot. Das Extrem innerer Auflockerung vulkanischer Auswürflinge zeigten die Bomben, die bei dem untermeerischen Ausbruch von 1891 bei Pantelleria auf dem Meere trieben, bis sie knallend zerplatzten. Als Hohlkugeln aus Glaslava, die auf Wasser schwimmen, hat sie Stelzner aus Zentralaustralien beschrieben. Aus demselben Gebiet sind durch Viktor Streich vulkanische Bomben zu uns gelangt, deren ursprüngliche Kugelgestalt durch merkwürdige Gürtelwülste abgeändert ist, die man als Wirkung des Luftdruckes auf die durch die Luft fliegenden noch weichen Lavabrocken gedeutet hat.

Der Lava-Ausbruch.

Die flüssigen Massen, die von Vulkanen in weiß- bis kirschrotglühendem Zustand ergossen werden, nennt man mit neapolitanischem Namen Lava. Erhärtet werden sie zu kristallinischen Massengesteinen, in denen Kieselsäure und Thonerde vorwiegen, und zwar gibt es kieselsäurereiche, leichte, schwerflüssige Laven, die bis zu 75 Proz. Kieselsäure haben, und kieselsäurearme, schwere und leichtflüssige mit durchschnittlich 50 Proz. Kieselsäure; man nennt jene trachytisch und diese basaltisch. Eisen gibt ihnen die dunkle Farbe, besonders wenn samtschwarzes Eisenammid ausgeschieden ist, und rötet, wenn sie alt geworden sind, ihre Oberfläche; durch Gasaushauchungen sind viele Spitzen und Kanten weißlich und gelblich gebleicht. Im flüssigen Zustande muß man sich die Lava als eine Lösung aus geschmolzenen Gesteinen, Wasserdampf und Gasen vorstellen, die unter hohem Drucke — 300 Atmosphären am Fuße des Vesuvs, wenn die Lavasäule dessen Kraterrand erreicht — eine einförmige Masse ist. Wenn in der ausgeflossenen Lava die verschiedensten Mineralien in reinen Formen auskristallisieren wie Kochsalz aus Sole, so entsteht ein weißglühender Teig aus festen und geschmolzenen Gesteinen, die Folge geringeren Druckes, abnehmender Wärme und geänderter Mischungsverhältnisse. Die im flüssigen Zustand in der Lava enthaltenen Wasserdämpfe und andere Gase werden beim Erkalten zum größten Teil herausgedrängt; treten sie aus, nachdem die Lava bereits zähe geworden, so wird die erhärtete Lava löcherig wie eine Schlacke oder wird selbst zu schwammigem Bimsstein. Je mehr Wasser eine Lava enthält, desto flüssiger ist sie, desto leichter kristallisieren ihre Bestandteile heraus, desto geneigter ist sie aber auch zu Explosionen, wodurch Lavateilchen zerrissen, endlich zu den sandartigen Massen zerstäubt werden, die man vulkanische Asche nennt. Bei den seltenen Laven, die wenig Gase enthalten, wie den hawaïschen, kann die höhere Wärme einen Flüssigkeitsgrad erzeugen, der fast an Wasser erinnert; und je weniger Wasser eine Lava enthält, um so ruhiger und langsamer fließt sie. Auf der isländischen Halbinsel Reykianes hat man Lava aus kleinen Löchern wie Bäche aus Quellen fließen sehen, und die Basaltlava von Réunion fließt als glühender Strom auf dem Meeresgrunde hin, ohne selbst das Wasser stark zu beunruhigen.

Vorzeichen eines Ausbruches, wie das Erscheinen der Lichtreflexe in den Rauchsäulen, der Auswurf von Blöcken und Asche, das Zerreißen des Kraterbodens führen alle auf eine Massenzunahme und ein Ansteigen der Lava im Vulkanschlund zurück. Diese Zeichen können aufhören, wenn etwa die Lava, zu schwach, um die Kraterhöhe zu überwinden, zurücksinkt. Dann erfolgt aber leicht ein Ausbruch weiter unten. Besonders die durch Silvestri so genau beobachteten Ätnaausbrüche von 1863—65 ließen an dem bald erscheinenden, bald verschwindenden Feuer-



Ende des Lavastromes des Mauna Kea, Hawaï. Nach Dutton. Vgl. Text, S. 126 u. 127.

schein im Krater das Aufsteigen und Zurücksinken der Lava erkennen, von der zuerst nur kleinere Mengen in Fetzen ausgeworfen wurden. Nachdem sie vergeblich versucht hatte überzufließen, sprengte sie sich endlich am Fuße des Berges einen Weg. Auch das allmähliche Aufhören eines Ausbruches ist ein Niedersteigen, das nicht selten ein letzter ruhiger Lava-Ausbruch von der tiefsten Stelle her abschließt. Damit müssen Schwankungen der Temperatur parallel gehen, die man allerdings nicht messen kann, die aber an den Symptomen des Ausbruches deutlich erkennbar sind. Viele Anzeichen deuten darauf, daß im Laufe des Ausbruches ein Wachsen der Temperatur stattfindet, das den ganzen Berg immer wärmer und wärmer werden läßt. Gleichzeitig damit ist die Steigerung der Thätigkeit des Vulkans. Ist der Ausbruch vorüber, so nährt die nun

langsam ausstrahlende Wärme die Nachwirkungen, besonders die Gasaushauchungen, die noch nach Jahrzehnten hohe Temperaturen verursachen. Ein Teil der dabei zu Tage tretenden Wärme wird immer neu erzeugt durch die Erstarrung der Lava, die Wärme frei macht. Man hat sogar Lava, die schon dunkel geworden war, dadurch noch einmal in Glut geraten sehen.

Der Lavastrom sinkt im Fließen ein, die erstarrte Decke folgt diesem Einsinken, und an den Seiten bleiben Blockwälle in dem früheren höheren Stande liegen und umziehen wie Terrassen, mehrfach übereinander geordnet, das „Einsenkungsthal". Sie sind es, die den Vergleich mit den Seitenmoränen eines Gletschers hervorgerufen haben, der indessen nur so weit berechtigt ist, als in diesen Seitenwällen des Lavastromes ausgeschiedene, früh erhärtete und durch die Reibung an den Seitenwänden zurückgehaltene Bestandteile liegen. Der Vergleich ist noch weiter ausgedehnt worden. „Der Frontanblick des Lavastromes, der sich nicht weit vom Hafen (Guarachico, Tenerife) darbietet, ist genau der eines unserer großen, aber steileren Gletscher, wenn man sich ihn gänzlich mit schwarzem Gestein überführt denkt." (Christ.) Längsspalten trennen nicht selten die seitlichen Blockwälle von der kompakten Lava in der Mitte.

Auf glattem Boden liegen Lavaströme geradlinig, oben flach, mit Böschungen von 45°, genau wie kunstvoll terrassierte Eisenbahndämme. Die Mächtigkeit eines fließenden Lavastromes kann 10 m erreichen. Aber durch Übereinanderfließen und -Schieben entstehen Lavaberge von Tausenden von Metern Mächtigkeit. Die Breite der Lavaströme schwankt am Ätna zwischen 2 und 4 km, doch gibt es auch viel kleinere. Sie durchkreuzen einander, fließen übereinander weg, stauen sich. Die Bewegung eines Lavastromes hängt von seiner Masse und Flüssigkeit und von dem Gefäll ab. Die leichtflüssigen Laven der hawaïschen Vulkane stürzen wie Gebirgsflüsse die Berghänge in Kaskaden herab und durchbrausen mit Stromgeschwindigkeiten von 20—30 km in der Stunde die von alten erstarrten Ausflüssen umrandeten Thäler, bis sie zischend am Meere sich aufbäumen, das sie abkühlt. Einige Beobachter wollen Lavastrahlen bis zu 300 m senkrecht im Becken des Mauna Loa haben ansteigen sehen. Der Ätna hat im Vergleiche damit sehr langsame Laven. Auf den 7—8° geneigten Hängen des oberen Ätna floß die Lava von 1865 in den ersten 3 Tagen 6 km weit, wovon 5 km in den ersten 24 Stunden. Dann brauchte sie 7 Tage, um weitere 500 m zurückzulegen. Unter solchen Umständen gilt am Ätna nur die erste Woche eines Lava-Ausbruchs für bedrohlich. Silvestri sah am Ätna 1865 die frische Lava aus dem Krater zuerst über einen Boden von 7° Gefälle 10 m in der Minute sich hinwälzen. Rasch verminderte sich die Bewegung, so daß zu 5 km 24 Stunden gebraucht wurden. Als die Lava aber nur noch 3 m Weges in der Minute machte, stürzte sie einen steilen Abhang hinab und legte dann 25 m in der Minute über einen 40° geneigten Abhang hinab zurück. Ungemein zähflüssig muß eine Lava sein, um mit 25 Proz. Gefälle zu erkalten, wie manche Kraterlaven.

Solange neue Ausbrüche die Lava emporsteigen und ausfließen machen, wird den träg schleichenden Strömen neues Material zugeführt und ihre Geschwindigkeit beschleunigt. Hier ist der Vergleich mit dem Herzen berechtigt, das dem Arteriensystem beständig neues Blut zusendet. Die Lava erstarrt auch an ihrer Unterseite und fließt in einer Hülle, aus ihrer eigenen Erstarrungskruste gebildet. Daher das Wälzende ihres Fließens an der Vorderseite (s. die Abbildung, S. 125). Das ist auch der Grund für den sonderbaren Fall, daß sie über Firnflecke hingegangen ist, ohne sie zu schmelzen. Der Umstand, daß ein Ausbruch zwar Lavabomben, aber keinen Lavastrom zu Tage fördert (Vulcano in den Liparen 1889), dürfte bei großer Zähflüssigkeit der Lava eintreten. Der Übergang eines Vulkans vom Lavavulkan zum Aschenvulkan und der steilere Aufbau der jüngsten Teile auf einer flacheren Grundlage deutet wohl auf ein

Zäherwerden der Lava hin. Stauung der Lava zwischen ihren Schlackenmauern und hinter ihrem Randwalle kann sie über das Niveau ihres Ausflusses heben, wie wir es durch Squier von der Lava des Vulkans Masaya-Nindiri am Managuasee erfahren, deren „Bergauffließen" ein altes Rätsel ist. Bei mangelndem Nachschub entstehen in dem „Lavasack" Hohlräume, durch deren Einbruch sich Höhlen (s. die untenstehende Abbildung) und sogar Thalrinnen bilden. In Island ist das merkwürdige Thingvallathal durch den Deckeneinbruch eines ausgeflossenen Lavasackes entstanden. Dieses Thal von 6 km im Geviert hat Steilhänge von 250 m Höhe. In seiner Fortsetzung liegt der gleichnamige See. Dutton hat in der Lava des Mauna Loa große Tunnels gesehen, in denen die leichtflüssige Lava weite Wege machte. Es ist ein seltener



Galumahöhle am Kilimandscharo. Nach Photographie von Hans Meyer.

Fall, daß in Lavaform Schwefel als dicker Brei entfließt. Man hat dieses an dem mit Schwefelkristallen hellgelb ausgekleideten Hauptkrater des Ollagua in Chile beobachtet.

Die Lava zeigt, unabhängig von ihrer mineralogischen Zusammensetzung, starke Unterschiede der Oberflächenform. Die zähflüssige Fladenlava (s. die Abbildung, S. 125) erzeugt bei der Bewegung ausgezogene und gedrehte Schlacken, unter denen sich nicht selten Hohlräume befinden. Wenig Dampf entweicht, die ganze Masse bleibt innen im Zusammenhang, ist aber an der Oberfläche in zahlreiche scharfkantige Bruchstücke zerfallen, die das Wandern über Ströme dieser Lava sehr beschwerlich machen. Die Schollen- oder Blocklava fließt rascher, erhärtet auch rascher und trennt sich beim Erkalten in große Blöcke, die durch das Entweichen massenhafter Dämpfe auseinander gerissen werden. Schon d'Aubuisson verglich die Oberfläche eines der alten Schollenlavaströme der Auvergne mit der eines Flusses, die durch die Stauung großer Treibeismassen erstarrt ist. Seebach meinte, der Blick über einen sturmbewegten Wald gebe die beste Vorstellung

von der scholligen Zerteilung der meisten zentralamerikanischen Lavastrome. Ein Vulkan kann Laven von der einen und der anderen Art ergießen, aber doch waltet längere Zeit eine Art Lava vor. Am Vesuv ist Schollenlava häufiger als Fladenlava. In Hawaï hat man beide Laven, und das Volk hat lange vor der Wissenschaft die Blocklava als Pahoëhoë und die Fladenlava als Aá unterschieden. Echte Lavaströme sollen sich in neuerer Zeit aus keinem der Vulkane Javas ergossen haben, sondern nur solche Ströme, die bereits in Form eines Gewirrs von Blöcken aus den Kratern jener Vulkane hervordrangen. Ähnliches scheint bei dem halb er-



Lavasee des Kilauea, Hawaï. Nach Dutton. Vgl. Text, S. 129.

loschenen Demawend geschehen zu sein. Die im Inneren eines Lavastromes höchst langsam erstarrende Lava ist schließlich ein dichtes kristallinisches Gestein von einem spezifischen Gewicht von etwa 2,8, das sich oft senkrecht zerklüftet, wenn die Lava über ebenen Boden hin geflossen ist.

Die innere Zusammensetzung der Lava ist durchaus nicht einheitlich. In der jüngeren Lava finden sich Brocken von älterer, die der glühende Strom mitgerissen, oder die bei den Explosionen losgerissen wurden und dann zurückgestürzt sind. Man hat auch Auswürflinge gefunden, deren alter Kern mit junger Lava in dünner Schicht umhüllt ist. Laven, die vollständig gleichmäßige Schmelzflüsse wie Glas sind, müssen rasch erstarrt sein. Der schwarzem oder graulichem Glas ähnliche Obsidian, der Pechstein, der Perlstein sind solche Laven. Die Asche von Glaslaven ist zerspritztes, zersplittertes Glas; am kamtschadalischen Kljutschewskaja fiel Asche, die aus Glaskügelchen bestand. Bimsstein bildet sich mit Vorliebe aus solcher Lava.

Der Boden mancher vulkanischer Kessel sieht einem erstarrten See ähnlich, aber Seen glühendflüssiger Lava kennen wir nur in dem großen Lavavulkan Kilauea (s. die Abbildung, S. 128), aus dessen Boden an jedem Ort und zu jeder Zeit Lava auszutreten vermag, so daß bald ein großer See, der Halemaumau der Hawaïer, bald einige kleinere vorhanden sind und dann auch zeitweilig durch Erstarrung und Zurücktreten der Flüssigkeit der Seeboden trocken liegt. An einigen Stellen schwimmen schwarze Lavainseln, die mit der Zeit untersinken, an anderen kocht und sprudelt Lava auf. Die beständig über dem Kessel lagernde Dampfwolke, mit Schwefeldämpfen geschwängert, wird stärker, wenn die Lavaoberfläche erstarrt. Dann bilden sich auch Schlackenkegel von 5—15 m Höhe, aus deren Spalten und Spitzen Dampf zischend entweicht. Als Ellis 1823 die erste genaue Beschreibung des Kilauea gab, hatte er den Lavasee in einem steilwandigen Kessel kochen sehen und zählte auf ihm 51 Inseln, die Lava und Dampf aushauchten; sein Durchmesser betrug damals etwa 1,5 km. Die Schwankungen im Höhenstande dieses Feuersees führen auf Änderungen des Druckes zurück, der die Lava steigen macht und vielleicht gleichzeitig durch größere Massen von unten zugeführten Dampfes ihre



Spratzkegel geschmolzener Bleiglätte.

Wärme vermehrt, so daß sie Stücke des Lavabodens und der Lavaufer abschmilzt und ihr Gebiet erweitert. Das Sinken konnte in einigen Fällen mit Ausbrüchen in tieferen Lagen in Verbindung gebracht werden, ohne daß man darum an ständige Verbindungen des Lavasees mit anderen vulkanischen Öffnungen denken müßte. Dagegen ist ein tiefliegender Lavasee, von dem der an der Oberfläche nur ein kleiner Teil ist, eine notwendige Voraussetzung. Während aber bei den gewöhnlichen Lavavulkanen das Steigen des unterirdischen Lavasees einen Ausbruch bedeutet, folgt am Kilauea nur manchmal einem Steigen des Seespiegels auch ein Ausbruch.

Fumarolen.

Die glühend herausfließende Lava haucht Wolken weißer Dämpfe aus, und die Stellen, wo sie ausströmen, oft pulsierend oder mit pfeifendem Geräusch, nennt man Fumarolen. Je mehr die Lava erhärtet, desto mehr konzentrieren sich diese Aushauchungen auf einzelne Schlünde, die meist an den Seiten eines Lavastromes liegen; sie nehmen manchmal durch die Aufhäufung heraufgeschleuderter Lavabrocken schornsteinähnliche Formen an, von denen die Spratzkegel geschmolzener Bleiglätte eine gute Vorstellung geben (s. die obige Abbildung und die auf S. 133 und 136). Mit diesem Dampfe muß man nicht den Rauch verwechseln, der dadurch entsteht, daß über den Lavaströmen die erhitzte Luft in wasserhosenähnlichen Drehformen den kaum gefallenen Staub und die Asche 10 m hoch aufwirbelt und in die Luft zieht. (Vgl. die Abbildung, S. 122.)

Solange die Lava an ihrer ganzen Oberfläche aushaucht, wir also gleichsam eine einzige Fumarole haben, bestehen deren Dämpfe aus Chlornatrium, Chlorkalium und etwas freier Salzsäure. Indem Chlornatrium in der Glühhitze zersetzt wird, entsteht auch Soda, die in großen Mengen aus einigen Ätnalaven gewonnen wurde. Kupferoxyd färbt sie nicht selten grün. Die Temperatur der Lava in diesem Zustande kann auf 1000° geschätzt werden. Der Lavastrom kühlt sich rasch ab, die Temperatur der Fumarolen sinkt unter einen Grad, wo die Verflüchtigung des Chlornatriums nicht mehr möglich ist. Bei 500° sublimiert Salmiak, den Eisensalze rötlich und gelblich färben, und der eigentliche „Vulkangeruch" der Salzsäure erfüllt die Luft. Mit Eisenchlorid zusammen wird nun Kieselsäure abgesetzt. Bei weiterer Abkühlung erscheinen Schwefelkristalle. Wenn die Temperatur gegen 200° gesunken ist, werden Ammoniakdämpfe ausgehaucht. Endlich werden Temperaturen erreicht, die wenig über 50° liegen: nun erscheinen Wasserdämpfe, denen als letzte Erscheinung, die den Schluß ankündigt, Kohlensäure sich beimengt. Kohlensäuregasquellen (Mofetten) sind daher in Vulkangebieten mit fast ganz erloschener Thätigkeit nicht selten.

Viele Vulkane hauchen lange Zeit alle die genannten verschiedenen Gase aus, gleichsam die letzten Reste und Nachklänge aus einer Epoche größerer Thätigkeit. Nach der Solfatara, einem Krater dicht bei Pozzuoli, der in diesem Zustande seit 2000 Jahren ist, nennt man diesen Zustand der Halberloschenheit das Solfatarenstadium.

Die verschiedenen Arten vulkanischer Ausbrüche, ihre Dauer und Zwischenpausen.

Durch die allgemeine Übereinstimmung in der Reaktion unterirdischer Energie gegen die Erdoberfläche und durch die örtlichen Variationen scheinen große Unterschiede durch, auf die man eine Klassifikation der Ausbruchsformen begründen kann. Zunächst macht einen wesentlichen Unterschied in der vulkanischen Thätigkeit und zugleich in ihren Wirkungen die Stärke der beim Ausbruch aufgewendeten Kraft. Ein Vulkan wie der Coseguina in Nicaragua, der bei 1000 bis 1100 m Höhe, aber beträchtlichem Umfang des Kraters solche Massen auswirft, daß man ihn mit den leistungsfähigsten Vulkanen der Erde, dem Temboro, dem Gelungung, dem Krakatoa, zusammenstellen muß — 1835 warf er seine Asche noch weiter als der Temboro — ist in erster Linie durch die gewaltige Spannung seiner Gase ausgezeichnet. Daher das Mißverhältnis zwischen seiner Größe und seinen Wirkungen. Umgekehrt geschehen Ausbrüche, die zu den wirksamsten, den Erdboden bereichernden gehören, wie die des Mauna Loa, ohne bedeutende Kraftaufwendung durch ruhiges Überfließen. Die Lava quillt wie Wasser aus einer Kochquelle, ohne Vorzeichen, Erdbeben, Rauch, sogar unter sehr geringer Dampfentwickelung. Der *Explosion* steht also das *Ausfließen* gegenüber.

Daraus gehen wichtige Unterschiede der vulkanischen Werke hervor. Es kommt zwar vor, daß bei einem explosiven Ausbruch große Lavamassen in kurzer Zeit zu Tage treten. Man berichtet solches von dem Cotopaxi-Ausbruch von 1877, wo die Lava höchstens eine halbe Stunde über den Rand des Kraters wallte. Aber im allgemeinen türmen die Explosionen, die einen großen Teil der Lava in der Luft zerfetzen und zerstäuben, Schuttkegel auf oder bauen solche aus einer Mischung von Schutt und Lava. Die ruhigen Ausflüsse dagegen legen eine Lavaschicht über die andere, und die Schuttkegel sind selbst in der Form von sekundären Schlackenkegeln selten, wie am Mauna Loa. Auch zertrümmern die explosiven Ausbrüche immer wieder ihre eigenen Werke und setzen in die Trümmer oder neben sie neue Schuttkegel, während die Ausflüsse einheitliche Berge schaffen, an denen sie ruhig weiterbilden. So erzeugen sie *Massenberge*,

während die anderen Ausbrüche Schuttberge und aus Schutt und Lava geschichtete Berge bauen. Dabei ist auch nicht zu übersehen, daß die explosiven Ausbrüche durch den Wasserdampf, den sie in die höheren Luftschichten hinaufschleudern, die Mitwirkung der Regenfluten herbeiführen, aus denen Schlammströme entstehen, die durch Tuffbildung an diesen Bauten mitwirken, weshalb es auch eigentliche Tuffberge gibt. Vulkane, die das Werk eines einzigen Ausbruches sind, wie der Monte Nuovo bei Neapel, oder die nur einen einzigen Lavaerguß gehabt haben, wie der Epomeo auf Ischia, der Jorullo in Mexiko, bauen einfachere Berge als Vulkane mit oft wiederholten und oft ihren Charakter verändernden Ausbrüchen.



Basaltdecken von Holmarsfjell auf Island. Nach Nathorst. Vgl. Text, S. 132.

Von den Kraterausbrüchen muß man die Spaltenausflüsse sondern, die ohne Rauch, Asche und Gebrüll mächtige Massen geschmolzener Gesteine aus Spalten in Strömen oft Hunderte von Kilometern lang ausfließen lassen und mit ihren langsam hervorquellenden Laven weite Räume überdecken. Die Lavaströme des Skaptar Jökull auf Island überflossen bei dem Ausbruch von 1783 eine Fläche von 900 qkm, ihre mittlere Mächtigkeit betrug 30 m. So bilden sich Lavafelder, die im nordwestlichen Dekan so groß wie das Königreich Preußen und im Nordwesten der Vereinigten Staaten von Nordamerika so ausgedehnt sind, daß der 600 km lange Schlangenfluß sich nur durch Lava und vulkanische Konglomerate hindurchwindet. Ist die Lava leichter erhärtet, dann entstehen gebirgskettenartige Lavawälle, aus denen längliche Vulkanrücken mit mehreren Öffnungen hervorragen. Am häufigsten bilden sich selbständige Krater von sehr sanfter Neigung, die aus vielen wie flache Schalen übereinanderliegenden Lavaschichten bestehen. In Island sind Spaltenausbrüche beobachtet worden, bei denen die

hervorbrechende Lava sich deckenförmig ausbreitete (s. die Abbildung, S. 131) oder wie ein Strom fortfloß oder in Kaskaden hinabstürzte. Auf einer 25 km langen Spalte sah man 100 Krater sich bilden, darunter 34 größere. Von der 30 km langen Lingisjorspalte sagt Thoroddsen: „Berge von mehr als 300 m sind wie Spielzeug zerbrochen und 100—200 m tief aufgerissen. Aus dieser Spalte haben sich Lavaströme ohne Krater in Kaskaden ergossen." Aus anderen Spalten wurden Schlacken und Aschen ausgeworfen, die längs der Spalten Wälle bildeten. Solche Spaltenausbrüche breiten stets ihre Wirkungen über viel weitere Gebiete aus als die Kraterausbrüche, und die größten Ablagerungen von Laven und anderen jüngeren vulkanischen Gesteinen sind durch Spaltenausbrüche gebildet worden. Aus tertiären Zeiten hat auch Europa Lavaausbreitungen und -Aufhäufungen, die auf Spaltenergüsse zurückführen.

An der Thätigkeit des Vulkans ist neben dem Gebundensein an bestimmte Erdstellen am bezeichnendsten das Schwanken zwischen heftigen Ausbrüchen und leisen bis unmerklichen Regungen, ja vollständiger Ruhe. Jene räumliche Beschränkung ist die geographisch wichtigste Thatsache; dieses zeitliche Schwanken ist das wesentlichste Merkmal der Thätigkeit der Vulkane; beide sind für die Erklärung der Erscheinung bedeutsam. Es gibt wenige Vulkane mit Ausbrüchen, die rasch hintereinander folgen wie Pulsschläge: der Stromboli in der Inselgruppe der Liparen zwischen Vesuv und Ätna, der Sangay in Ecuador, der Isalco in Mittelamerika, der Oshima in Japan. Solche Regelmäßigkeit ist indessen selten und durchaus nicht beständig (s. oben S. 116). Viel verbreiteter ist jener andere Typus eines Vulkanausbruches, der an beschränkter Erdstelle sich vollzieht und für längere Zeit seine Quelle erschöpft. Es entsteht dadurch der Wechsel heftiger Ausbrüche mit Ruhepausen von verschiedener Dauer. Die Ausbrüche sind dabei sehr kurz im Vergleich mit ihren Zwischenräumen. Die gewöhnlichen Vesuvausbrüche nehmen von der stärksten Erschütterung bis zum Aufhören des Fließens der Lava gewöhnlich nicht mehr als 3—6 Tage, die Ätnaausbrüche bis zu 10 Tagen in Anspruch. Doch gibt es Ausbruchsperioden, in denen mit kurzen Pausen die Ausbrüche sich immer wiederholen; aber dann sind sie von mäßiger Stärke und beschränken sich oft auf bloße Aschen- und Steinauswürfe von geringer Dauer und sind ohne Lavaerguß. Explosive Ausbrüche sind oft in wenigen Stunden beendigt, auch wenn sie, wie beim Cotopaxi 1877, mächtige Lavamassen zu Tage fördern; und darauf folgen Jahrzehnte oder Jahrhunderte der Ruhe.

Ungemein verschieden ist die Dauer der Ruhepausen. Der Vesuv hatte den ersten Ausbruch, von dem man weiß, 79 n. Chr., dann folgten verschiedene in wechselnden Abständen. Der Ausbruch von 1631 war aber der erste heftige seit mehr als 400 Jahren, ihm folgte ein weiterer 1666, und seitdem sind durchschnittlich fast alle 10 Jahre Ausbrüche von oft nicht unbedeutender Stärke erfolgt. Dabei zeigt es sich, daß Ausbrüche nach langen Ruhepausen heftiger sind als solche, die sich nach kurzen Pausen wiederholen. Die heftigsten Vesuvausbrüche waren die nach jahrhundertlangen Stillständen; seitdem dieser Vulkan alle paar Jahrzehnte einen Ausbruch hat, ist er viel milder geworden. Der Mauna Loa hat durchschnittlich alle acht Jahre einen Ausbruch, der Ätna alle zehn Jahre. Vulcano in den Liparen hatte 1771 einen Ausbruch, 1888 erfolgte wieder ein solcher, nachdem der Vulkan seit 1872 unruhig gewesen war. Groß ist die Zahl mächtiger Vulkane, die alle paar Jahrhunderte losbrechen, dann aber mit verheerender Kraft.

Vulkanspalten.

Auch die Kraterausbrüche sind im Grunde Spaltenausbrüche. Krater stehen auf Spalten und haben oft genug deren Gestalt (s. die Abbildung, S. 133). Wenn die Lava aus einer

Reihe von Kratern, die auf einer Spalte stehen, gleichzeitig ausfließt, ist dann der Unterschied zwischen Krater- und Spaltenausbruch überhaupt noch greifbar? In den Jahren 1730—37 fanden auf der Kanarischen Insel Lanzarote Ausbrüche aus einer ganzen Reihe dicht und geradlinig aneinandergereihter Krater statt. Bei dem letzten Ausbruch von Santorin folgte der Krater dem Ausbruch: nach dem sehr langsamen Herausquellen einer zähflüssigen Blocklava, welche die großen Klippen in der alten Kraterbucht bildete, trat nach 6 Monaten eine Explosion



Der Krater des Vesuvs. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 129 u. 132.

ein, die eine kraterförmige Öffnung bildete. „Mit eigenen Augen haben wir eine an manchen Stellen bis 200 m mächtige, von steilen Böschungen begrenzte Lavamasse entstehen sehen, der jeder Aschen- oder Schlackenkegel fehlte.“ (Reiß und Stübel.) Die Kraterreihen zeigen Linien an, längs deren die vulkanische Kraft arbeitet, und solche Linien treten auch im Äußeren der Vulkane als Wirkungen und Wege der Ausbrüche hervor (s. die Karte, S. 134). Am Kilauea ist der „Sechszehnmeilenbach“ eine lange Spalte von 3—4 m Breite, über der einige Aschenkegel aufgeworfen sind. Die elliptische Gestalt so vieler Vulkanberge hängt mit ihrem Aufbau über einer Spalte zusammen; und so treten denn auch bei Ausbrüchen Risse in der Längsachse auf.

Die Stelle des Ausbruches wandert in einem Vulkangebiet umher, wobei Bodenspalten die Leitlinien sind. Diese Spalten stehen in der Regel rechtwinkelig auf einer Hauptspalte und nicht selten auch radial zu einer Hauptausbruchstelle. Fast in jedem Vulkangebiet werden wir Punkte wiederholter Ausbrüche unterscheiden können von solchen, die nur die Spur eines einmaligen Ausbruches zeigen: den Hauptgipfel und die Nebenkrater, den Vesuv und die Krater der Phlegräischen Felder. Der Hauptgipfel wird bei jedem Ausbruch eines Nebenkraters mitthätig sein, die anderen Nebenkrater ruhen in der Regel vollständig. Die Hauptausbruchstelle wandert übrigens auch; so hat die des Ätna sich zweimal auf einer Linie verschoben, die den

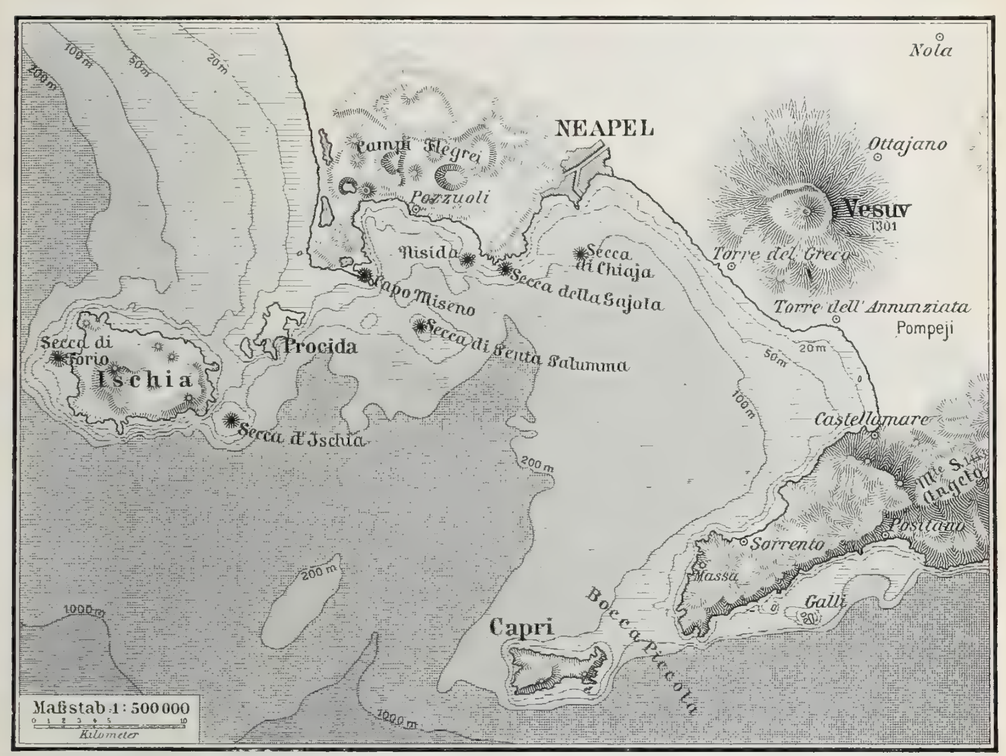


Vulkanreihen mit parallelen Inseln, Küsten, Hügelzügen und Terrassen in Nicaragua. Nach Karl von Seebach. Vgl. Text, S. 133.

heutigen Krater in nordwestlich-südöstlicher Richtung schneidet. Daß dieses Wandern der Ausbruchstellen indessen nur eine untergeordnete Erscheinung neben dem Verharren der vulkanischen Thätigkeit an derselben Erdstelle bedeutet, zeigt uns die Geschichte vieler größerer Vulkane, die sicher seit Hunderttausenden von Jahren auf derselben Stelle thätig sind. Die ältesten Laven des bis heute thätigen Kanarischen Archipels gehören der Eocänzeit an; die heftigsten und zahlreichsten Ausbrüche fanden aber in nachtertiärer Zeit statt; und das alles in einem elliptischen Raume von wenig mehr als 500 km größtem Durchmesser. Eine merkwürdige Art von Vulkangebieten sind die, wo überhaupt kein überragender Vulkanberg sich bildet, sondern die Thätigkeit sich in dem Aufwerfen kleiner Kegel, in der Bildung von Solfataren, Thermen erschöpft, wobei sie in einem beschränkten Gebiet von Stelle zu Stelle wandert. Von dieser Art sind die Phlegräischen Felder bei Neapel (s. die Karte, S. 135) und der Isthmus von Auckland in Neuseeland, mit zahllosen kleinen Ausbruchstellen, von denen keine einen Kegel von 300 m gebildet hat.

Die Erdspalte und der Krater.

So wie in der Entstehungsgeschichte des Vulkans die Öffnung in der Erde dem Berge vorhergeht, so bleibt auch später diese Öffnung, sei es Spalte oder Krater, steiler Felskrater oder trichterförmiger Aschenkegel (s. die Abbildung, S. 136), das Wichtigste am Vulkanberg. Man kann mit Seneca sagen: „In ipso monte non alimentum habet sed viam", d. h. soviel wie: der Vulkanberg ist nebensächlich im Verhältnis zur Vulkanöffnung, und wenn wir einen vulkanähnlichen Berg finden, entscheidet nur die Verbindung mit der Tiefe darüber, ob es wirklich



Die Phlegräischen Felder und der Golf von Neapel. Die untermeerischen Vulkane nach J. Walther. Vgl. Text, S. 134.

ein Vulkan ist. In dieser Öffnung liegt der Weg von der Ursache zu den Wirkungen der vulkanischen Thätigkeit. Aus der Erdspalte wirken die Kräfte hervor und kommen die Stoffe, die den Vulkan aufbauen. Die Form ist veränderlich, aber die Verbindung mit der Unterwelt bleibt bestehen. Explosionen sorgen für die Erhaltung und Wiederherstellung dieser Verbindung, die daher ebensowohl in der lippenförmigen Ausbruchspalte als im eigentlichen Vulkankrater, als in dem Maar (s. unten, S. 144) erscheint, das nichts als ein Explosionstrichter ist. Nur ändert sich im Lebenslaufe eines Vulkanes das, was diesen Weg passiert; denn wenn zuerst Massen glühenden Gesteins ausgespieen wurden, ist später der Schlot nur noch für Dämpfe und von diesen mitgerissene vulkanische Asche gangbar. Die Lava tritt dann auf einer tieferen Höhenstufe aus. Auch lehrt uns die Geschichte der Vulkanausbrüche, daß der Schlot sich mit erhärtendem Gesteine füllt, so daß nach langer Unterbrechung nur eine gewaltige Explosion den Weg wieder frei machen kann. Es scheint den unterirdischen Kräften leichter zu fallen, eine neue Öffnung zu

brechen, als eine verschlossene wieder zu öffnen. Die neue Ausbruchsöffnung liegt daher nicht genau an derselben Stelle wie die alte und kann auch in der Form ganz verschieden sein. Innerhalb des Ringes oder der Kette von älteren Auswürfen bildet sie einen neuen Trichter oder vielleicht in raschem Wechsel einige neue, schluchtenförmig zusammenhängende.

Es ist natürlich, daß um die Auswurfsöffnung sich ein großer Teil der Auswurfstoffe ansammelt; dadurch wird der Krater, in den Kreisen der ringsumher aufgetürmten Auswurfsmassen eingesenkt, ein notwendiger Bestandteil der allermeisten Vulkane. Krater und Auswurfsmassen stehen in keinem bestimmten Verhältnis zu einander. Aus kleinen Öffnungen



Der Gipfelkegel des Vesuvs. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 129 u. 135.

werden oft gewaltige Massen ausgestoßen: so kann eine verschwindende Schlotöffnung in einem Ringwall von Auswurfstoffen vom hundertfachen Durchmesser liegen. Hohe Vulkanberge haben in der Regel kleine Krater. Die Massen von Asche, kubikmetergroßen Steinblöcken und Lavafetzen, die den Ausbruch des Ätna von 1863—65 eröffneten, kamen alle aus einer 4 bis 5 m langen und 3 m breiten Öffnung von nahezu rechteckiger Gestalt im alten Krater. Der Krakatoakrater, der 1883 die schweren Stein- und Aschenmassen ergoß, wurde auf 100 m oder wenig darüber geschätzt, der Explosionskessel dagegen auf 4 km. Und Dutton findet angesichts der Lavaquellen des Mauna Loa das Mißverhältnis zwischen ihren kleinen Öffnungen und den Massen, die aus ihnen ausgeflossen waren, nur in der Erinnerung an die lange Dauer eines Ergusses und die große Schnelligkeit des Ausfließens verständlich. Der größte Vulkankrater

scheint der des Ringgit auf Java zu sein, der 21 km Durchmesser hat. Solche Öffnungen werden durch die von unten stoßenden Dämpfe aufgesprengt und sind daher in ihren Hauptrichtungen anderen Spuren derselben Kräfte an der Erdoberfläche verwandt. Silvestri hat bei dem Ätnaausbruch von 1863 in dem neuen Krater des Monte Frumento neben der Hauptspalte rechtwinkelig darauf stehende Querspalten gesehen; solchen Spalten ist jedenfalls die öfter vorkommende S-förmige Gestalt der Ausbruchskrater zu danken. Über einigen Punkten der Vulkanspalte bauen sich Auswurfskegel auf, andere erschließen sich den unterirdischen Dämpfen und werden Fumarolen. Es gibt Krater, die ein ganzes Thal bilden, in das Ausbruchsöffnungen eingesenkt und sogar Seen gelegt sind.

Der Krater ist seiner Natur nach der veränderlichste Teil des Vulkans (s. die Abbildungen, S. 138), und es genügt daher in vielen Fällen dieses einfache Wort durchaus nicht, um eine richtige Vorstellung zu erwecken. In einer Beschreibung des Gurniberges sagt Graf Götzen: „Oben fanden wir, daß der Berg aus mehreren nach der Mitte zu laufenden Kratern besteht, die bis zu 3 km lang, aber nur 3—4 m breit sind. Einen Hauptkrater am Gurni selbst haben wir nicht sehen können." Die unrichtige Anwendung des Wortes Krater macht diese Schilderung unklar; es müßte wohl heißen Spalten oder Kraterschluchten. Am raschesten verweht der Wind und verträgt das Wasser den Aschenkrater, so daß zunächst der Ringwulst eines Kratertellers übrigbleibt, und endlich nur der aus erstarrter Lava bestehende Felshügel des Vulkankernes; der Lapillikrater erhält sich länger, am längsten der Felsenkrater, den übergeflossene oder niederfallende Lavamassen gebaut haben. Die leichte Zerstörbarkeit des Kraters mögen jene beherzigen, die aus dem Mangel des Kraters in alten Vulkangebieten gleich den Schluß auf eine ganz besondere, kraterlose Ausbruchsweise ziehen. Die Geschichte des Vesuvs in diesem Jahrhundert erzählt den oft wiederholten Aufbau und die Zerstörung neuer Schuttkegel um neue Öffnungen innerhalb des alten Kraters. Zuletzt steckten drei Krater ineinander, der älteste und äußerste von 1827, bis 1850 dieser ganze konzentrische Aufbau zusammenbrach. Es war derselbe Prozeß, den man, ebenfalls im Laufe dieses Jahrhunderts, am Ätna erlebt hat: ein Krater stürzt zusammen, und aus den eingeebneten Trümmern, deren Lücken Asche ausfüllt, baut sich ein Kraterplateau, das beim nächsten Ausbruch ein jüngerer Kegel und Krater durchbricht. Am Ätna wurde so die Ebene Piano del Lago, am Vesuv das Atrio gebildet: beides um den Fuß des neuen Kraters sich ausbreitende Hochebenen.

Von den eben genannten Einsturzbecken muß man den Krater im engeren Sinne, den Auswurfstrichter trennen. Wenn der älteste Ringwall stehen bleibt, wird in einer langdauernden Ruheperiode die Ausebnung seines Bodens so vollständig, daß eine reine Ebene entsteht, die rings umschlossen ist wie ein flacher Kessel mit niederen Rändern. Wald oder Wiesen füllen dann den Grund mit friedlichen Bildern, oder ein See breitet seinen Spiegel in der Umschließung aus. Am Mauna Loa mißt diese Ebene 5 km im Durchmesser. Für eine solche Bildung paßt vollständig der Name Caldera (d. h. Kessel), der aus dem Spanischen der Kanarien stammt, wo dem kesselförmigen alten Krater der Insel Palma der Name beigelegt wird, der dann auf alle ähnlichen Bildungen Anwendung fand. Es ist sehr gut, daß man so den Vulkankessel und den Vulkankrater auseinander halten kann. Gerade deshalb wirkt es verwirrend, wenn Dana den Namen Caldera nur auf die Einsenkungskessel anwendet, die bei dem Zurücktreten der Lava in den hawaïschen Vulkanen entstehen; denn es ist noch gar nicht ausgemacht, besonders nicht für die Caldera des Kilauea, die weit vom Gipfel entfernt eingesenkt ist, daß nicht auch bei deren Bildung Explosionen mitgewirkt haben.

Kein größerer Unterschied zwischen Erdformen ist zu erdenken als zwischen der glatten Ebene in der Tiefe des Kessels eines ruhenden Vulkans und den zerrissenen Klippen und Wänden, welche die schwarzen Tiefen eines thätigen Ausbruchkraters umstarren. Und doch gibt es alle Übergänge zwischen dieser Schlucht und jenem Kessel, und am häufigsten ist die Lage des Kraters in der Caldera. Bei reinen Lavavulkanen gibt das Felsenhafte dem ganzen Aufbau der Caldera stärkere Züge: steile, oft senkrechte Wände aus Lavaplatten und -Blöcken, am Boden erstarrte



Der Aschenkegel des Vesuvs vor dem Ausbruch von 1872. Nach Heim. Vgl. Text, S. 139.



Der Aschenkegel des Vesuvs nach dem Ausbruch von 1872. Nach Heim. Vgl. Text, S. 139.

Lava, oft in mehreren Terrassen, die Seltenheit von Nebenkratern, das alles schafft ein von den Schuttvulkanen weit verschiedenes Bild. „Die gewohnten Vorstellungen von Vulkankratern verflüchtigen sich", sagte Dana beim ersten Anblick des Kilauea 1842.

In der Geschichte der Vulkane sind die Kraterebenen Schauplätze kleiner und großer Sprengungen und Einstürze. Auf einem Boden, der so gründlich durchgerüttelt wird, können kraterähnliche Einsenkungstrichter nicht fehlen, unter denen Einstürze stattfinden oder Spalten sich öffnen. Kleinere Ausbrüche erzeugen Schuttkegel, die Dampf aushauchen, wenn der Hauptkrater Rauch ausstößt, und aus denen Lavamassen ausströmen, wenn die explosive Stufe des Ausbruches überwunden ist. Die Nebenkrater bezeugen durch diese gleichzeitige oder ablösende Thätigkeit ihre enge Verbindung mit dem Hauptkrater, die auch in der Lage sich ausspricht: sie

liegen in ihm oder an seinen Flanken. Für den Ätna hat Mario Gemellaro nachgewiesen und Silvestri bestätigt, daß bei Seitenausbrüchen die Spalte in einem Radius des Berges zieht.

Welche Wandlungen hat der Vesuv durchgemacht! (vgl. die Abbildungen, S. 138). Im Altertum ein einfacher Berg mit tiefer Caldera von vielleicht über 3 km Durchmesser; Strabo nennt ihn einen oben flachen Kegelberg, unten dicht bewachsen, oben kahl, unfruchtbar und feuerzerfressen — seit 79 n. Chr. ein Zwillingsberg, dessen jüngerer Schlackenkegel im Krater des alten Berges aufgeschüttet ist: Vesuv und Somma. Nach heftigen Ausbrüchen kamen Ruhezeiten, wie nach 1500, wo in mehr als 100jähriger Ruhe die Somma in der Ringebene zwischen ihr und Vesuv, die man Atrio nennt, Wälder und Seen umschloß; der neue Krater erhob damals sich nur etwa 100 m über das Atrio, und seine Höhlung war von einem See erfüllt. Der Vesuvkrater, im Januar 1897 kreisförmig bei 136 m Durchmesser, war im Februar 1898 auf 160 m gewachsen und hatte im Jahr 1899 eine elliptische Form bei 185 m größtem Durchmesser angenommen. Solche Veränderungen schließen nicht aus, daß einzelne Teile der Krater lange unverändert bestehen, so wie A. von Humboldt fand, daß zwischen seiner und Saussures Messung der Nordwestrand des Vesuvkraters von 1773—1822 sich nicht verändert hatte. Auch nach dem Ausbruch von 1886 berichtete man ein Wachstum des Tarawera in Neuseeland durch Aschenauflagerung um 50 m. Übrigens haben uns die Alten auch von Höhenänderungen des Ätna erzählt; sie meinten, sein Gipfel sinke ein, weil die Schiffer ihn nicht mehr von so weit sähen wie früher.

Auch die Winde beeinflussen die Kratergestalt. Als 1865 ein neuer Ätnakrater heranwuchs, blieb auf der Nordseite der Trichterrand unvollständig, solange nördliche Winde wehten; erst mit eintretenden Südwinden schloß sich der Kraterrand ab. Auf den Vulkanen der Kanarien und Azoren haben die Antipassate die Asche und die Bimssteine überall auf die östlichen Seiten und Abhänge getragen.

Eine eigentümliche Miniaturform der Auswurfskegel sind die steilen, oft turmähnlichen Lavakegel auf Lavaströmen oder in Kraterkesseln. Der erste Anlaß zum Aufbau von Schlackentürmen ist die Auftürmung zersprengter Lavablöcke zu Klippen, die durch überfließende und erhärtende Lava sich erhöhen, und auf die immer neue halbflüssig ausgeworfene Lavafetzen niederfallen. Auf den Lavaseen bilden sich derartige Schlackenkegel in großer Zahl und hauchen mit Geräusch Dämpfe aus (vgl. die Abbildung, S. 129).

Von den 10,000 m der hawaïschen Vulkanriesen, von dem im Meere ruhenden Fuße an gemessen, und von den 7000 m des Aconcagua an stuft sich die Höhe der Vulkane bis zu den maulwurfshügelähnlichen kraterlosen Haufen ab, die man am Ätna Bocche nennt. Die 131 Vulkane Javas ordnen sich zwischen 3675 m und 63 m ein. Neben jedem einzelnen hohen Zentralvulkan, der aus Aschen und Laven durch oft wiederholte Ausbrüche über derselben Stelle aufgebaut ist, stehen die unzähligen kleinen Schlacken- und Lavakegel, „vulkanische Schmarotzer“, Erzeugnisse einmaliger Ausbrüche aus wandernden Schlotöffnungen, von Geikie „Puys“ genannt, und die Deckenergüsse, Werke derselben Kraft, deren Größe sich aber nicht an der Höhe, sondern an der horizontalen Ausbreitung mißt. Jeder Klassifikation der Vulkane nach Größe und Lage steht die Erfahrung entgegen, daß aus kleinen große werden, und daß parasitische Vulkane der Hauptsitz der Eruptionen werden und als vollberechtigte „Zwillinge“ sich neben die älteren Hauptvulkane stellen. Der Vesuv ist in der Somma entstanden und überragt heute diese, deren Höhe von 1110 m nur ein Rest einer einst größeren Erhebung ist. Auch die Höhe des Vesuvs hat in diesem Jahrhundert zwischen 1140 und 1297 m geschwankt: 1810 betrug sie 1249, 1832: 1140, 1847: 1240, 1855: 1234, 1868: 1297 m.

Der Vulkankegel.

Jeder Vulkanberg ist ein Lavawall oder ein Schutthaufen, den der Auswurf des Kraters oder der von verschiedenen Kratern aufgebaut hat. In den unteren Teilen dieses Baues finden wir Bruchstücke von Gesteinen der Tiefe mit verwendet, in den oberen nur Lava oder Asche oder

beide. Beim Niederfallen der herausgeschleuderten Gesteine werden die leichten weit hinausgetragen, während die schweren sich in der Nähe der Ausbruchsöffnung ablagern. Das spricht sich oft schon in der Farbe aus, die nach oben mit der Größe der „Lapilli" dunkler wird, während die helle Asche den Fuß umlagert.

Noch mehr wird die Form des Vulkans dadurch bedingt. Seine Basis ist breit und flach, der Gipfel steil; das Gesamtgefälle der Vulkane ist meist gering. Der Vesuv mit 31° Gefälle gehört schon zu den steilsten Vulkanbergen. Der Kilimandscharo (s. die Tafel bei S. 115) hat in den tieferen Teilen ein Gefälle von 5°, höher oben, am Kibokegel, 20° und in der Nähe des Kraterrandes 35 und 40°. Die Gehänge des, von Puebla gesehen, vollkommen symmetrischen Popocatepetl treffen in einem kaum abgestumpften Winkel von 115° zusammen. Ihre Neigung ist also wenig über 30°. Wo gröberes Material hingefallen ist, sind auch steile Gehänge; so hat die Nordwestseite des Shasta in Kalifornien 30, die Südostseite 22°. Wo ein steiles Widerlager den Schutt hält, hat man am Ätna sogar 65° als die Neigung von Blockanhäufungen gemessen. Aber im ganzen herrschen die geringeren Gefälle vor, und indem sie sich langsam nach oben steigern, entsteht die charakteristische eingebogene Umrißlinie der Aufschüttungskegel, die so schön am Fudschi Yama, am Cotopaxi, den A. von Humboldt als einen vollkommenen Kegel bezeichnet (wobei er an den Ausdruck der Kreolen erinnert, er sei wie von der Drehbank [hecho al torno]), und vielen anderen Vulkankegeln ausgebildet ist (s. die obenstehende Abbildung und die beigeheftete farbige Tafel „Der Cotopaxi in Ecuador"). Daher ist auch für die Gesamtform dieser Berge nicht die Höhe, sondern die Breite bezeichnend. Von allen anderen kegelförmigen Bergen unterscheidet den Vulkan das breite Hingelagertsein, der sanfte, regelmäßige Abfall, der an die Form eines aufgeschütteten Getreidehaufens erinnert. Es gibt auch Vulkane, die, von bestimmten Seiten gesehen, symmetrisch wie Kristalle gebaut sind; allerdings sind es mehr die kleinen, durch einmalige Ausbrüche aufgeschütteten.


Der Fudschi Yama. Nach Photographie.

In diese Form hinein muß man sich den typischen Schichtvulkan denken, wie ihn Hochstetter beschrieben hat: Zu unterst ein sehr flach ansteigender, geschichteter Tuffkegel von weniger als 5°, darüber ein Berg aus einer Aschenschicht und radialen Lavaströmen, zu oberst der steil geböschte, locker aufgeschüttete Aschen- oder Schlackenkegel. Dieser Aschenkegel ist bei rein aufgeschütteten Vulkanen der ganze Berg, beim Vesuv nimmt er 1/5, bei manchen anderen nur 1/20 der Gesamthöhe ein. Das ist der Typus eines Vulkans, an dessen Gestaltung aschenschichtende Explosionen

DER COTOPAXI IN ECUADOR, von 3500 m Höhe aus Nordwesten gesehen.

einen großen Anteil gehabt haben, der Typus des Vesuvs, des Ätna, kurz des Schichtvulkans. Der aus übereinandergeflossenen Lavamassen gebaute Massenvulkan ist einheitlicher und massiger, die Profillinie ist gewölbt. War die Lava dünnflüssig, dann kann sein Gefälle durchaus sehr gering sein. Solcher Art ist die Lavagrundlage der Vulkaninsel von Santorin: ein flachgewölbter Schild von 4° Neigung. Noch flacher sind die Vulkaninseln von Hawaï. Mauna Loa hat ein Gesamtgefälle von 6° (s. die untenstehende Abbildung), Mauna Kea von 8°; dabei erreicht ihr Fuß in 50—90 km Entfernung vom Ufer Meerestiefen von 4—6000 m. Steile Kuppen sind selten, sie können nur aus zäher Lava entstanden oder durch Abtragung als Kerne uralter Vulkanberge freigelegt sein. Die zu 200 m ansteigenden prallen Phonolith- und



Der Mauna Loa auf Hawaï, von Norden gesehen. Nach Dutton.

Basaltkegel des Hegau sind der erstarrte Inhalt großer Aschenkegel, der sich keinen Weg mehr nach außen zu bahnen vermochte; die Verwitterung hat später den Aschen- und Tuffmantel abgehoben. Mehr wulst- oder flachkegelförmig sind die ebenfalls aus ihrer Umhüllung herausgewitterten Bühle oder Bölle des Vorlandes der Schwäbischen Alb, die obersten Enden von Tuffgängen, die ursprünglich in der Tiefe steckten. Wo wir in der deutschen Landschaft vulkanische Hügel von steilen Hängen sehen, ist meist Phonolith ihr Kern (s. die Abbildung, S. 142), Basalthügel sind regelmäßig sanft geböscht.

Die Lava ergießt sich nicht bloß über die Flanken und in die Umgebung des Vulkans, sondern durchsetzt das ganze Gerüst des Vulkans in allen Formen der durchgreifenden Lagerung. In schachtartigen Gängen, in Ästen und Zweigen, die von diesen ausgehen, in plattenartigen Ausbreitungen zwischen zwei Schichten, in Stöcken ist die Lava in die Gesteine des Vulkanberges eingedrungen, von unten hineingepreßt. In den Trachytkernen des Coloradoplateaus

haben wir sogar Beispiele, daß eindringende Laven den Zusammenhang größerer Gesteinsmassen gesprengt und die darüber liegenden Schichten aufgewölbt haben. In allen diesen Vorkommnissen spricht sich das gewaltsame Aus- und Durchbrechen flüssiger Gesteinsmassen aus. Der Monte Somma, der Vorfahr des Vesuvs, ist an den Wänden, die er dem jüngeren Berge zukehrt, zerspalten und aufgerissen. Man sieht da die ältesten und jüngeren Lavaströme übereinandergelagert, getrennt durch mächtige Aschen- und Lapillischichten oder durch den Tuff erhärteter Schlammströme: auch die trennenden Schichten ihrerseits durchsetzt von Lavagängen, die Spalten und Risse ausgefüllt haben. Die Spaltung geschichteter Vulkankrater beim Emporsteigen der Lava zeigt, daß ihr innerer Bau nur einem bestimmten Drucke gewachsen ist. Beim Vesuv scheint die Spaltung und der Flankenerguß immer bei annähernd demselben Lavaniveau einzutreten. Dagegen zeigt der Pik von Tenerife (s. die Abbildung, S. 143), wie in einem



Eine Phonolithkuppe: Die Milseburg (Rhön). Vgl. Text, S. 141.

Massenvulkan die Lava ungestört ihren Weg bis zum Gipfel findet; der ihm aufgesetzte kleine Kegel, der Piton, ist ein Lavabau. Auch die höchsten Gipfel von Mexiko, Popocatepetl und Pik von Orizaba, zeigen Kraterergüsse. Über den Kraterrand des Cotopaxi hat man die Lava in Massen fließen sehen, und die hawaïschen Vulkane, die zu den höchsten gehören, tragen Kraterseen in ihre Gipfel eingesenkt. Es hängt also die Höhe, bis zu der Lava im Vulkan gehoben werden kann, auch von der Widerstandsfähigkeit seiner Wände ab.

Der Grundbau der Vulkane.

Die vulkanischen Auswurfsmassen dringen aus Erdspalten, umbauen deren Wände mit Lava und Tuff und nehmen sie so in die Grundmauern der Vulkanberge mit auf. Fremd schauen die Reste des durchbrochenen Gebirgsbaues auf die vulkanische Senke herab. Vom Meeresstrand bei Neapel sieht man über die See hinweg die helle Felsenmauer, deren Fortsetzung die Insel Capri ist, einen Apenninausläufer, weit verschieden von dem dunkeln, einsamen Kegel des Vesuvs, der als eine neue Bildung hereinragt. Die Grundlage von Santorin bilden dieselben Marmorarten und Thonschiefer, denen man in den nicht vulkanischen Cykladen begegnet, und die man im östlichen Attika wiederfindet. Sie bilden die höchste Spitze

der Inseln, des Eliasberges (567 m), den Von Seebach „die südlichste Kuppe des großen Kalkglimmerschiefergebirges“ nennt, aus welchem fast das ganze östliche Griechenland bis hinauf zum Pentelikon sich aufbaut. Milo, in derselben Reihe, zeigt unter einem Dach vulkanischer Gesteine ein altes kristallinisches Grundgebirge. Trümmer von Diabas, Gabbro und anderen alten Gesteinen, die man in den Laven und Tuffen Tenerifes findet, beweisen, daß auch hier alte Grundmauern den vulkanischen Aufbau unterlagern. Und das Kaskadengebirge Nordwestamerikas mag man wohl vulkanisch nennen, weil der größte Teil aus vulkanischen Bildungen besteht, aber sein Fundament sind die alten kristallinischen Gesteine. Der nördlichen Kordillere von Südamerika aber dürfte der Namen Vulkangebirge nicht beigelegt werden, da nur ihr Gipfel vulkanisch,



Der Kegel des Pik von Tenerife. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 142.

die alten kristallinischen Gesteine aber in viel größerem Maße an ihrem Aufbau beteiligt sind. Wenn das rein granitische Rodriguez so nahe den Vulkaninseln Réunion und Mauritius auftaucht, so zeugt auch dies von einem versunkenen Urgebirge, dessen Gipfel sie alle sind. Aber es gibt auch Fälle, wo das Grundgebirge vom Vulkan mit in die Höhe genommen worden ist; in dem Krater des Palaudokän bei Erzerum (3150 m) sind Kalke, Gipse, Chloritschiefer mit aufgenommen, in dem Puy Chopine der Auvergne Granit.

Viele Vulkane wurden zuerst auf dem Meeresboden gebildet und sind erst später durch Aufschüttungen und Hebungen zu Trockenland geworden. Aschenauswürfe unter dem Meeresspiegel werden sich immer flach ausbreiten: kein Sturm, kein Passat trägt da die Asche über Land und Meer, es bildet sich ein niedriger Tuffkegel von sehr schwachem Gefälle. In seinem Inneren wird man eine eigentümliche Schichtung finden. Bei Aschenergüssen ins Wasser schichten sich nämlich die Bestandteile nach der Porosität; die dichten sinken zuerst, die porösen schwimmen erst, bis auch sie untersinken. Unter Senkungen und Hebungen wird dann dieses Fundament ausgeebnet. Ein großer Teil dessen, was in Santorin über dem Meere liegt, ist untermeerisch

gebildet und dann gehoben worden. Das beweisen die Fossileinschlüsse im Tuff von Akrotiri. Es sind aber ebenso sicher Senkungen eingetreten. Nicht bloß antike Hafenbauten, sondern auch Bauten modernen Ursprungs sind dort versunken.

Vulkanische Kessel, Maare und Thäler.

Nicht jeder Vulkanausbruch schafft einen Berg; es gibt rein verwüstende und vernichtende Ausbrüche, wie der des Tarawera auf Neuseeland von 1886, des Bandai auf Nippon von 1888, deren Ergebnis ein gewaltiger Minentrichter, ein Maar oder eine Anzahl solcher Bildungen ist; der herausgeschleuderte vulkanische Schutt ist dann oft über Tausende von Quadratkilometern zerstreut worden. Stand ein Vulkan an der Ausbruchstelle, so bildet sich der Kessel in ihm oder an ihm, und spätere Explosionen setzen an ihm die Zerstörung und Umgestaltung fort. Wo nicht bloß Schuttmassen bewegt, sondern zugleich Asche oder Lava oder beide ausgeworfen werden, gehen Zerstörungen und Neubildungen in und an dem vulkanischen Kessel Hand in Hand. Ein Stück Berg wird aus der Flanke des Ätna herausgeschleudert und läßt eine riesige Lücke, in die neue Lava sich ergießt: das Val del Bove (s. das Kärtchen, S. 145). So ist der Krater des Stromboli über einem fast rechteckigen, am Meeresrande 1 km breiten Einbruchsfeld aufgebaut, das von dem 926 m hohen Gipfel eines älteren Berges herabzieht. Die Krakatoa-Inseln, die vor dem 1883er Ausbruch 4020 Hektar maßen, verloren durch Einsturz 2291 und gewannen durch Neubildung 1305, es fehlen also 986 Hektar: eine Insel ist verschwunden, eine um die Hälfte verkleinert, ein drittes Eiland hat seine Fläche verdreifacht. Zugleich ist der Meeresboden um diesen Archipel an einigen Stellen gesunken, an anderen höher geworden.

Tiefe Einsenkungen, die rings von steilen Wänden umgeben sind, deren Boden oft vollkommen flach ist, oft aber auch Lavaströme aufgenommen hat, die herabstiegen oder herausquollen, kommen fast an jedem Vulkanberg auch ohne Explosion zur Ausbildung. Ihr Ursprung liegt in dem Zusammenwirken von Einbruch und Erosion. Man hat die Erosion allein für sie verantwortlich gemacht. Allein die Kessel der Vulkane sind in ihrer Annäherung an die Kreisgestalt und in dem steilen Abfall ihrer durch Zerreißung den inneren Bau des Vulkans bloßlegenden Wände einander zu ähnlich, als daß eine so verwickelte und von vielen Umständen abhängige Kraft wie die Erosion allein sie gebildet haben könnte. Auf Tenerife liegt ein Riesenkessel am Fuße der Doppelvulkane Teyde und Viejo, seine Fläche mißt 185 qkm, seinen Boden bedecken Bimssteine, Lapilli und abgestürzte Trümmer der steilen Wände. Auf Palma ist ein ähnliches, tiefer gelegenes Kesselthal von 1600 m hohen steilen Wänden umgeben; sein Durchmesser beträgt über 20 km. Diese Einsenkung hat für alle anderen derartigen Bildungen ihren Namen Caldera (vgl. S. 137) hergegeben. Aus beiden führt ein Thalriß hinaus, so daß diese Kessel die Ähnlichkeit eines runden Thalabschlusses gewinnen. Die Vulkaninsel Réunion hat im westlichen Teile drei durch steile Wände geschiedene Kesselthäler, aus denen wiederum wilde, tiefe Thäler zum Meere hinabführen.

In allen diesen Fällen liegen die Kessel in oder an Lavabergen, in denen dem Herausquellen der Gesteinsmassen Nachsinken und dem Aufbau des Berges Thaleinsenkungen folgen konnte. Vielleicht haben diese Kräfte auch an einem kesselähnlichen Krater mitgewirkt, wie er uns vom Gipfel des Kilimandscharo 2 km im Durchmesser und 200 m tief, den Eruptionskegel umschließend, beschrieben wird. Aber der Kilimandscharo ist ein Schichtvulkan, in dessen Aufbau Explosionen in großem Maße eingegriffen haben dürften. Das Val del Bove am Ätna, 31 qkm lang, ist trotz seiner steilen Wände kein so reiner Kessel, aber an seiner Entstehung durch Explosionen

kann man dennoch nicht zweifeln. So ist die Lagoa da Fogo auf den Azoren von 2 km Durchmesser durch Explosion „ausgeblasen". Dagegen die Caldera, die auf dem Grunde der Gruppe von Santorin ruht, und von deren Wänden die Inseln dieser Gruppe nur Reste sind, ist ein Lavabau, bei dem man wieder eher an Einsenkung denkt; diese trichterförmige Einsenkung von 350 m Tiefe der Kraterbucht von Thera (Santorin) mit ihren steilen, zerrissenen Wänden hat in ihrem Inneren neue Vulkankegel sich aufbauen sehen, die nun konzentrisch von dem alten



Karte des Ätna mit dem Val del Bove (Bue). Nach der italienischen Generalstabskarte. Vgl. Text, S. 144.

Krater umfaßt werden. So liegt also der Vesuv im Kessel des Monte Somma, wie die Lava- und Ascheninseln der Kaymeni in dem Inselkreis des alten Vulkankessels von Santorin. Der Prozeß kann sich auch wiederholt und zwei Kessel ineinander geschoben haben: zwei Sommas mit zwei Vesuven wie auf Réunion. Das Albanergebirge bei Rom ist ein Vulkan, dessen Teile dem alten Wall und einem neuen Vulkan entsprechen; dieser neue Vulkan ist der längst erloschene Monte Cavo von 920 m, dessen größter Lavastrom bis vor die Thore von Rom reicht. Vielleicht ist sein letzter Ausbruch schon halbhistorisch; es gibt Gründe, ihn in die Zeit der römischen Könige zu versetzen.

In der Physiognomie vulkanischer Landschaften werden immer neben dem einfachen kratergekrönten Kegelberg die hart nebeneinander sich erhebenden Vulkanzwillinge (s. die untenstehende Abbildung und die Karte auf S. 149) hervortreten, die allerdings besser als Vater und Sohn zu bezeichnen wären. Stellen sie uns doch zwei Zeitalter vor Augen: einen alten Vulkan, von dem nur noch der weite Kraterring erhalten ist, und einen neuen, der aus ihm als eine jüngere Geburt sich erhebt. Somma und Vesuv! Nicht immer werden die beiden durch den breiten Raum eines Atrio getrennt sein, das im Profil als die schöne Überleitung des flacheren Umrisses des älteren Berges in die steilere des jüngeren sich zeichnet. Oft deutet den Altersunterschied nur eine leichte Ausbuchtung in dem gleichmäßig abfallenden Profil an. Bei dem nord-



Der Kibo (Westgipfel des Kilimandscharo). Nach Photographie.

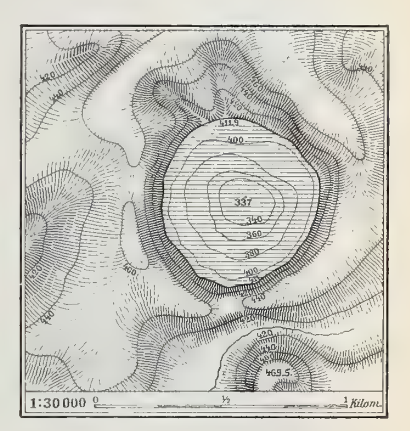
kalifornischen Vulkan Shasta (4700 m) wird die Gleichmäßigkeit des Abhanges durch eine etwa 600 m unter dem Gipfel liegende Schulter unterbrochen; das ist der Rand eines kreisförmigen Kraters, aus dessen etwa 300 m eingesenktem Boden sich erst ein „Zentralpik" erhebt. Im Ätna ist der Rand des alten Kessels nur noch angedeutet. Und in vielen Vulkanen ist die Entwickelung, welcher der Vesuv entgegenzugehen scheint, schon abgeschlossen: der neue Vulkan deckt die Reste des alten so vollständig zu, daß nur noch ein Berg da ist.

Sprenglöcher von geringem Umfang, die oft rein röhrenförmig in die Erde hineinführen und meist von dem herausgeworfenen Schutt kranz- oder trichterförmig umgeben sind, nennt man Maare. Sie sind das Werk von Dampfexplosionen, deren Fähigkeit, feste Gesteine röhrenförmig zu durchbrechen, experimentell bewiesen ist. Durch gespannte Gase läßt Daubrée Schlote „ausblasen", wie die, in denen die Diamantenablagerungen von Kimberley vorkommen. Gewöhnlich nennt man Maar nur einen Trichter, der nicht in unmittelbarer Verbindung mit einem Vulkan steht. Branco fordert direkt für ein Maar Unabhängigkeit von

einem Vulkan und nur in großer Tiefe Zusammenhang mit einem Schmelzherd, der die Explosionsgase liefert. Aber warum soll nicht genau dasselbe Gebilde in einem Vulkankrater entstehen? Naumann schildert uns sehr schön die Umwandlung eines Kratersees in einen Explosionstrichter in dem japanischen Vulkan Schirane.

Die Maare der Vordereifel, sehr einfache und doch ungemein interessante vulkanische Bildungen, sind trichterförmige Gruben, deren Durchmesser zwischen 1400 m (Meerfelder Maar bei Manderscheid) und 60—70 m (Hütsche, nordwestlich vom Holzmaar) schwankt. Das Pulvermaar (s. das untenstehende Kärtchen) ist fast kreisförmig. Sie alle sind durch Explosion entstanden. Überhitzte Gase und Wasserdämpfe schleuderten Aschen und Schlacken empor, die teils in den Trichter zurückfielen, teils auf seinen Rändern sich sammelten. In diesen Auswurfsmassen findet man die Trümmer der durchbrochenen Grauwacke- und Schieferschichten. — Wegen des zufälligen Vorkommens von Meteormassen in großen Mengen in der Nähe des maarförmigen, 1 km im Durchmesser breiten Kessels Coon Butte in Arizona wollte Gilbert diesen Kessel als Wirkung eines einstürzenden Meteors deuten, aber ohne Erfolg.

Da in den Spalten und Explosionstrichtern der Vulkane immer auch Anfänge von Thalbildungen vorliegen, da selbst die Lava entweder durch Einsinken längs ihrer Achse oder durch Forträumung von Schutt, den sie vor sich her schiebt, lange Vertiefungen bildet, da die lockeren Auswurfsmassen leicht vom Wasser oder Eis fortgerissen werden, da endlich die Schlammströme selbst mit gewaltiger Kraft aufwühlen und mitreißen, gehören auch Thäler oder thalartige Bildungen zu den charakteristischen Merkmalen der Vulkane. Deshalb sind auch ihnen besondere Namen örtlichen Ursprungs gegeben worden. So bezeichnet man als Barrancos — dieses Wort stammt von der Insel Palma — ausstrahlende Risse der Vulkanberge. Man muß sich in den vulkankundlichen Büchern mit Sätzen vertraut machen, wie „Der Kaiserstuhl ist ein Ringgebirge mit einer zentralen Caldeira und einem westlich davon auslaufenden Barranco.“ Die Barrancos (s. die Abbildung, S. 148) sind oft nichts anderes als Wasserrisse. Die Theorie der Erhebungskrater hatte sie anders gedeutet. Berthelot sah in den Barrancos klaffende Spalten, die, wie ihre Ausstrahlung nach allen Seiten anzeigt, ihr Dasein einer und derselben Ursache von plötzlicher und allgemeiner Wirkung verdanken. „Die langsame Thätigkeit des Wassers kann hier nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben. Wir glauben, vielleicht mit größerem Rechte, daß diese tiefen Spaltungen entstanden sind, als das Gestein sich hob und als es erkaltete.“ Diese Erklärung der Strahlenthäler der Vulkane darf nicht verallgemeinert werden, ist aber auch nicht in allen Fällen abzuweisen, wie Erosionsfanatiker thun. Der lockere Zustand eines großen Teils der Gesteine, die Vulkane aufbauen, läßt sicherlich der Abtragung und Verlagerung durch Wind und Wasser freien Raum. Die leichte Asche wird hinabgeweht, das Wasser gräbt sich, durch starkes Gefälle begünstigt, selbst in die Grundfelsen ein und bildet Rinnen, deren regelmäßiges Auseinanderstrahlen (vgl. die Karte, S. 149) durch die Gleichförmigkeit der Vulkangestalt begünstigt wird. Junghuhn hat bei den Vulkanen von Java gezeigt, daß die Seiten von sehr thätigen Vulkanen keine durch Wasser gebildeten Furchen aufweisen, während die erloschenen oder nur schwach thätigen Vulkane eine große Anzahl solcher Furchen zeigen, welche voneinander durch Rippen



Das Pulvermaar am Südabhange der Eifel.
Nach Wilhelm Halbfaß.

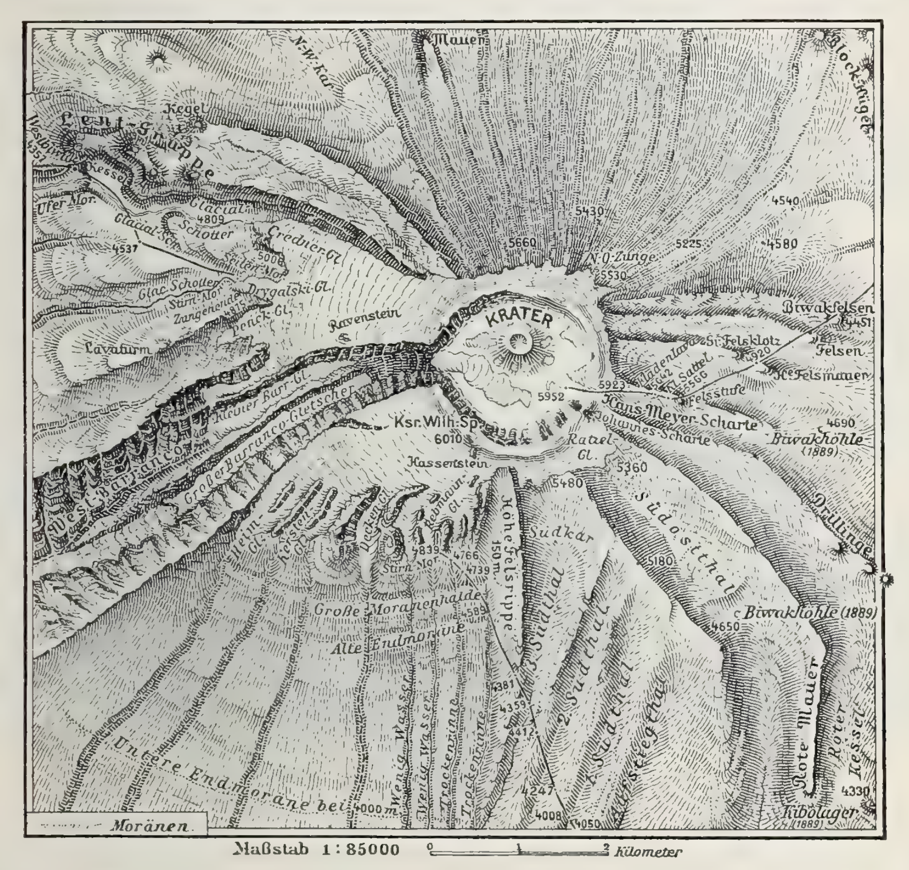
vulkanischer Gesteine getrennt sind. Diese Furchen werden nach oben schmäler und flacher und hören noch unterhalb des Kraterrandes auf. Die Rippen zwischen ihnen aber wurden in ihrer Anordnung treffend mit den Speichen eines Regenschirmes verglichen.



Der Barranco del Infierno auf Tenerife. Nach Photographie von Hans Meyer. Vgl. Text, S. 147.

Nun gibt es aber an Vulkanen auch ganz andere Thäler, die so einfach nicht zu deuten sind. Wir finden Thäler, die in einen Berg hineinziehen, aber keinen Abschluß haben, weil ihre Rückwand herausgesprengt ist; sie münden plötzlich in eine Caldera. Und es gibt Thäler, die einen Vulkan sozusagen durchsetzen, indem sie in ganz gleicher Richtung auf entgegengesetzten

Seiten hineinziehen; zwischen ihnen liegt vielleicht auch eine Caldera; hier handelt es sich offenbar um eine Spalte durch den ganzen Vulkan, also um echte Spaltenthäler; solcher Art sind die beiden Barrancos des Kibo (s. das untenstehende Kärtchen) und des Mawensi, die aus den Kraterschluchten durch Scharten als cañonartige, von mehr als 1000 m hohen Steilwänden umgebende Schluchtenthäler herausführen. Es gibt endlich wirklich jene Radialrisse, die Von Buch annahm, wenn sie auch seltener sind als er glaubte; wenn sie großenteils mit vulkanischem Schutt erfüllt sind, können sie wohl keine Erosionsprodukte sein. Merkwürdige



Karte des oberen Kibo. Nach Hans Meyer.

Bildungen dieser Art sind die Gjás der isländischen Laven: bis zu 500 m lange Spalten, die oft gerade, oft im Zickzack, 1—3 m breit und oft beträchtlich über 30 m tief, in mehrfacher Zahl parallel und in der allgemein vorwaltenden Nordostrichtung hinziehen. Wahrscheinlich sind es Längsspalten in Wölbungen oder dachfirstähnlichen Falten. Johnston-Lavis ist geneigt, sie auf die Bildung länglicher Lakkolithen zurückzuführen.

Um die Aufzählung der Hohlformen der Vulkane zu vollenden, sei noch bemerkt, daß unter Valle die Längsthäler verstanden werden, die durch die Verlängerung vulkanischer Gebirgsausläufer über den Fuß des Kegels hinaus gebildet werden, und daß Atrio die thalähnliche Einsenkung zwischen einem alten Kraterrand und einem neuen Vulkan bezeichnet, die wir S. 139 kennen gelernt haben.

Vulkanruinen.

Solange es für uns eine Erdgeschichte gibt, solange sind glühendflüssige Gesteine aus dem Inneren hervorgebrochen, Flächen überschwemmend oder Berge aufbauend. Wenn wir von der Gegenwart aus zurückschreiten, finden wir die Zeugen und Spuren solcher Ereignisse in Erdformen, die den Vulkanen und vulkanischen Ablagerungen von heute höchst ähnlich sind. Ja, Vulkane von „modernem" Typus sind in den ältesten Zeiten der Erdgeschichte, die wir kennen, aufgeworfen worden. Darum sprechen wir auch unbefangen von der Lava der Rhön oder von den Vulkanen des französischen Zentralmassivs und vergleichen sie mit Gebilden unsrer Tage. Freilich nur mit den widerstandsfähigen Kernen moderner Vulkane können sie verglichen werden. Die Kuppen und Dome der tertiären Vulkane, die aus oft wiederholten massigen Lavaergüssen entstanden sind, sind durch Erosion abgezehrte und ausgeebnete Skelette von Vulkanen. Es war ein Mißverständnis, wenn A. von Humboldt sie als „kraterlose Glocken" gehoben sein ließ. Ihre Kraterlosigkeit ist das träge Werk abtragender Kräfte.

Nur unter schützenden Decken sind aus uralten Zeiten Vulkane erhalten, welche die Wechsellagerung von Tuff und Lava des Vesuvs zeigen. Nur unter solchen begünstigenden Umständen konnten silurische Vulkane von vesuvianischem Typus in Schottland erhalten bleiben. Wo ältere und jüngere Vulkane beisammen liegen, sind die höchsten und jüngsten auch die regelmäßigst kegelförmigen, die alten und kleineren sind im Vergleich mit ihnen Ruinen; so in Java. Wir haben aber gesehen, daß die meisten Vulkane im Grunde Trümmerwerke sind, und es kommt zuletzt darauf an, ob sie die vulkanische Physiognomie bewahrt haben oder nicht. Dabei ist wohl zu beachten, daß es auch neuere Berge gibt, die aus vulkanischen Gesteinen aufgebaut sind, ohne die klassische Kegelform zu haben; so auf dem Hochland von Mexiko der Iztaccihuatl, der mehr einem Alpenmassiv als einem Vulkan gleicht. Er ist das Erzeugnis des Hervortretens oder Herausgepreßtwerdens von Lava aus einer Spalte, und an der Gestaltung des zackigen Kammes von 4800 m haben Gletscher mitgewirkt. In Mauritius, das sich dem Beschauer hinter einem Kranze von grünen Küstenbergen versteckt, würde niemand eine Vulkaninsel vermuten; und doch scheint die ganze Insel nichts als ein schildförmig gewölbter Vulkanberg zu sein, den Reste eines uralten Kraterrandes umziehen.

Die Zahl und Verteilung der Vulkane.

Die Zahl der thätigen Vulkane ist schwer zu bestimmen, da der Begriff „thätig" nicht scharf abzugrenzen ist, und noch mehr wegen der Unmöglichkeit, jeden einzelnen thätigen Vulkanschlund aus der Vulkangruppe herauszulösen, mit der er innig verbunden ist. A. von Humboldt hat 223 thätige Vulkane aufgezählt, heute wird man nur wenige mehr annehmen, vielleicht bei strenger Sichtung 230; andere geben 350—360 an, indem sie, zum Teil auf schwache Gründe gestützt, alle mit aufführen, die in den letzten drei Jahrhunderten thätig gewesen sind. Die Zahl der Vulkane, die nicht gerade in heftigen Ausbrüchen thätig sind, aber auch nicht sicher als ganz erloschen bezeichnet werden können, beläuft sich auf Tausende. Aber fast jeder einzelne Vulkanberg ist wieder von zahlreichen kleinen Vulkanen umgeben, die zeitweilig in Thätigkeit traten oder noch nicht ganz erloschen sind. Der Ätna hat 700 Nebenkrater; nach Darwins Schätzung beträgt die Zahl der Krater der Galapagos-Inseln 2000, Santorin ist arm daran, Tenerife wieder sehr reich; und „in der nahen und fernen Umgebung des Kilimandjaro wimmelt es förmlich von großen und kleinen Vulkanbergen" (Hans Meyer). Die Vulkanstatistik wird

niemals alle Einzelberge genau zählen können; es ist jedenfalls viel wichtiger, daß man scharf die Gebiete bestimmt, wo der Vulkanismus noch thätig ist.

Die geographische Hauptfrage ist: wie sind die Vulkane auf die Erd- und Meeresräume verteilt, und in welchen Gruppierungen treten sie auf? Dabei ergibt sich als die erste und auffallendste Thatsache in der Geographie der Vulkane die Ungleichheit ihrer Verbreitung. Die Vulkane sind an einigen Erdstellen mehr, an anderen weniger zahlreich, und an dritten fehlen sie überhaupt; unwillkürlich denkt man bei dieser räumlichen Unregelmäßigkeit des Vorkommens an die gerade so unregelmäßige zeitliche Verteilung der vulkanischen Thätigkeit. Offenbar haben wir eine Differenzierung von günstigen und weniger günstigen Erdstellen anzunehmen, und



Der Vulkanberg Rubruk in Tibet. Nach Bonvalot. Vgl. Text, S. 152.

zwar nicht erst von heute: der Vulkanismus ist immer ungleich verbreitet gewesen; er war in Deutschland eine südliche, in Großbritannien eine westliche (westlich von der Linie Berwick-Exeter), in ganz Amerika noch ausgesprochener eine westliche Erscheinung.

Überschauen wir größere Räume, so finden wir, es gibt Vulkane in allen fünf Meeren und in allen fünf Erdteilen. Aber wenn wir ihre Verteilung im einzelnen untersuchen, da zeigen sich sogleich überraschende Ungleichheiten. Es gibt kleinere Meeresteile, wie Mittelmeer, Antillenmeer, Rotes Meer, die reich sind an Vulkanen, und dann wieder andere, wie Nord- und Ostsee, die keine enthalten. Die Vulkangruppe der Phlegräischen Felder besteht aus 27 Kegeln und Auswurfstrichtern auf dem engen Raume von 200 qkm. Ebenso liegen auf dem Isthmus von Auckland 63 vulkanische Ausbruchsstellen auf 400 qkm, darunter Berge von bedeutender Größe. Der europäische Kontinent zeigt nur in seiner Spitze bei Neapel einen thätigen Vulkan. Aber auch ganz Nord- und Innerasien sind davon fast frei bis zur Halbinsel Kamtschatka. Bonvalot hat einen Vulkan von vielleicht noch nicht lange erloschener Thätigkeit auf dem

Hochland von Tibet entdeckt (s. die Abbildung, S. 151). „Wir gehen am 29. Dezember 1889 geradeswegs durch eine nackte Ebene und lagern mitten unter Laven am Fuß eines Vulkans, dem wir den Namen Rubruk beilegen.“ Später ist von vulkanischen Aschen die Rede. Das sind die leider viel zu spärlichen Nachrichten; vgl. hier unten. Nord- und Südamerika sind im Osten ebenso vulkanlos, wie sie im Westen dicht mit Kratern besetzt sind. Daß es sich nun bei dieser Verteilung nicht um ganz neue Erscheinungen handelt, lehrt Osteuropa, wo silurische und andere alte Formationen in erstaunlicher Ungestörtheit liegen und kein jüngeres Ausbruchsgestein nördlich vom Kaukasus und östlich von England vorkommt, während Spuren neuerer Vulkanausbrüche in Westeuropa häufig sind und viele Vulkane als thätige in die Tertiärzeit zurückreichen.

Es ist nur aus praktischen Gründen der Übersichtlichkeit thunlich, die Vulkane nach den Erdteilen zu gruppieren, denn sie gehören ja größtenteils den Meeren an, und zwar gebührt hier die erste Stellung dem größten ozeanischen Becken, dem Stillen Ozean, der von Vulkanketten und Inseln ganz umsäumt und von vulkanischen Inselreihen im Norden und in der Mitte durchzogen wird. Setzen wir 230 als die Zahl der in unserer Zeit noch thätigen vulkanischen Zentren, so gehören davon 195 dem Stillen Ozean samt seinen Randländern und den angrenzenden antarktischen Gebieten, 23 dem Indischen Ozean mit Ostafrika und dem asiatischen Festland, 12 dem Atlantischen Ozean und Europa an. Dabei ist in allen drei Ozeanen auffallend die Zusammendrängung der vulkanischen Thätigkeit in jenen merkwürdigen Mittelmeeren, an erdgeschichtlich bedeutsamsten Stellen, mitten zwischen den Nord- und Süderdteilen. Besonders das australasiatische und das amerikanische Mittelmeer sind Gebiete größerer vulkanischer Thätigkeit, so daß Reclus sie sogar als „Feuerpole“ bezeichnet hat. (Vgl. die Kartenbeilage „Die Verbreitung der Erdbeben, Seebeben und Vulkane“ bei S. 194.)

Europa hat heute nur im äußersten Süden thätige Vulkane: Ätna, Vesuv, Stromboli, Vulcano, Pantelleria, Santorin. Geschichtliche Aussprüche bezeugen uns die Thätigkeit des Epomeo auf Ischia, des Monte Nuovo in den Phlegräischen Feldern und des Halbinselvulkans von Methana im Golfe von Ägina. Im atlantischen Becken ist Island mit dem Hekla, dem mindestens acht in den letzten Jahrhunderten thätige Vulkane angereiht werden könnten, Jan Mayen im Nördlichen Eismeer mit dem Esk (letzte Ausbrüche 1817 und 1818), Lanzarote, die östlichste der Kanarien, die Azoren mit einem untermeerischen Vulkan, die Kapverden mit dem Fogo zu nennen. Ausbrüche am Kamerungebirge scheinen noch in den letzten 100 Jahren vorgekommen zu sein.

In Asien hat der Ararat (5160 m) eine Explosion noch 1840 gehabt, und der demselben Hochland aufgesetzte Tandurek ist als noch nicht erloschen zu betrachten. Im südlichen Kaukasus soll 1866 der Degneh thätig gewesen sein. Südlich vom Kaspischen See ist der Demawend (5465 m) „im Zustande der Solfatare, und seine Thätigkeit hat seit Menschengedenken abgenommen“ (Tietze). Arabien scheint im 13. Jahrhundert einen Ausbruch bei Medina gehabt zu haben. Die zweifelhaften Nachrichten der Chinesen über vulkanische Thätigkeit in der Umgebung des Tiënschan und in der Westmongolei haben sich bisher nicht bestätigt. Zu einer Zeit, wo A. von Humboldt die ganze aralokaspische Niederung mit einem Krater verglich, ein Kraterland nannte, sah man allerdings in jeder Gasquelle und jedem Erdbrande dieser Gegend einen asiatischen Vulkan. Nach den Untersuchungen von Bonvalot und dem Prinzen von Orléans konnten die Vulkangruppen Rubruk und Reclus am Fuße des Küenlün (4880 m) festgestellt werden, Stoliczka hat einen frischen Krater im südlichsten Tiënschan nachgewiesen, und geschichtliche Nachrichten aus Nordchina lauten so, daß vulkanische Thätigkeit vielleicht noch 1780 um Mergen wahrscheinlich wird. Am pacifischen Rande hat Kamtschatka unter 41 Vulkanen 11 thätige, die Kurilen unter 55: 9, die japanischen Inseln unter 39: 4 thätige; der Fudschi Yama (3780 m), der viel gezeichnete, gemalte, besungene, hat in geschichtlicher Zeit große Ausbrüche gehabt, die Schitschito-Inseln 3; auf den Liukiu-Inseln werden nur erloschene Vulkane genannt, Formosa hat vielleicht 2 thätige, die Babuyan 1, die Philippinen 7, die Marianen 4, die kleinen Sunda-Inseln 13, Java 14 in geschichtlicher Zeit thätige, insgesamt 121, Sumatra 6; dazu kommen Krakatoa, Barren-Insel im Bengalischen Meerbusen; die Sangirinseln zählen 2; die Vulkane von Ternate und Makian sind ebenfalls im östlichen Teil des australischen Mittelmeeres thätig, Neuguinea hat einige erloschene Vulkane.

In Ozeanien sind Australien und Tasmania frei von vulkanischer Thätigkeit. Dagegen finden wir thätige Vulkane im Bismarck-Archipel 4, auf den Salomonen 5, auf den Neuen Hebriden 5, auf den Torres- und Banksinseln 3, auf Santa Cruz 2, auf Tonga 4. Ein Gebiet starker vulkanischer Thätigkeit ist die Nordinsel von Neuseeland mit 8 thätigen Vulkanen; die Explosion des Tarawera 1886 und die Solfatarenthätigkeit des Inselvulkans Wakari sind dort die neuesten Zeugnisse vulkanischer Thätigkeit. Die Kermadekgruppe hat einen thätigen Vulkan. Weiter sind jüngere vulkanische Bildungen auf den Freundschaftsinseln, den Gesellschaftsinseln und in Samoa nachgewiesen. Die weit nach Osten vorgeschobene Osterinsel ist vulkanisch und trägt einen Krater; Salas y Gomez ist ein dunkler Lavafels, und durch das vulkanische Juan Fernandez knüpft sich diese Reihe an die chilenische Vulkangruppe an.

Der gegenwärtige Stand der vulkanischen Thätigkeit ist in dem Inselgürtel, der sich in Neuguinea an die Sunda-Inseln anschließt, folgender. Neuguineas Nordküste ist von Vulkaninseln umsäumt. In Neuguinea selbst kennt man keinen thätigen Vulkan; im deutschen Teil sind im Örtzengebirge jungvulkanische Gesteine gefunden worden. Der gegen 1500 m hohe Vulkan der Insel Krakar (Dampier) scheint in jüngster Zeit seine Thätigkeit wieder begonnen zu haben, nachdem er für erloschen gehalten worden war. 1868 brach der kleine Vulkan Ghaie in der Blanchebucht in verwüstender Weise aus, 1888 verursachte eine Explosion auf der Ritterinsel in der Dampierstraße eine verwüstende Flutwelle. Der Ghaie ist seit seinem Ausbruch leise thätig. Von Dumont d'Urville wissen wir, daß er 1827 das Westende Neupommerns tagsüber in Rauch gehüllt und nachts rot erleuchtet sah. Auf Bougainville fand 1884 ein heftiger Ausbruch statt.

Im nördlichen Stillen Ozean ist der Archipel von Hawaï und in ihm besonders die Insel Hawaï der Schauplatz starker Äußerungen vulkanischer Kräfte. Diese müssen einst weiter nordwestwärts in der Richtung von Lisianski und anderen Inseln gereicht haben, wo es nicht an Untiefen fehlt. Im Archipel selbst finden wir nur vulkanische Gesteine, abgesehen von einigen gehobenen Muschel- und Korallenbänken. Aber die vulkanische Thätigkeit hat sich heute auf die Schwestervulkane Hawaïs, Mauna Loa und Kilauea, zurückgezogen; Mauna Kea dagegen ist seit Jahrhunderten erloschen, und die anderen Inseln sind nur noch Ruinen. Nur in dem östlichen Maui hat sie sich noch in neuerer Zeit geregt. Den Schluß des pacifischen Ringes bilden im Norden die Aleuten mit 20 größeren Vulkanen, worunter 9 thätige sind.

Amerika weist den längsten Vulkangürtel auf, der zugleich die höchsten Vulkane umschließt. Im Feuerland wird neuerdings ein Vulkan in 54° 55′ südl. Br. verzeichnet, und O. Nordenskiöld hat einen zweiten nördlich von der Uselesßstraße beschrieben. In den patagonischen und chilenischen Anden zählen wir 26 thätige Vulkane. Ein Ausbruch des patagonischen S. Valentin (3900 m) im Mai 1892 ist wahrscheinlich, thatsächlich ist ein solcher des Calbuco 1893. Erloschen ist der Acongagua, an dessen Vulkannatur man aber mit Unrecht gezweifelt hat. Ein untermeerischer Vulkan liegt vor der Küste in der Breite von Juan Fernandez. In der nördlichen Vulkanreihe sind noch 6 in größerem Maße thätig, darunter besonders der Cotopaxi (5940 m) und der früher ununterbrochen pulsierend thätige Sangay östlich der Hauptreihe und 200 km vom Meer entfernt. Der höchste in dieser Reihe, Sahama, ruht auf einer 5000 m hohen Unterlage von Schichtgesteinen, so daß wenig für den eigentlichen Vulkan übrigbleibt. Die Vulkane von Kolumbien gehören ihrer Lage und ihrem Bau nach noch ganz zu den Andenvulkanen. Der Cambál zeigt Solfatarenthätigkeit. In der Zentralkordillere ist der Ruiz (5600 m), der nördlichste der Andenvulkane, nach der Ankunft der Europäer thätig gewesen, vielleicht auch der benachbarte Tolima. Auch die Vulkane von Pasto und Puracé sind noch in Thätigkeit. Wir haben unter 120 größeren Vulkanbergen insgesamt 34—36 thätige in der südamerikanischen Reihe zu verzeichnen.

In Mittelamerika zählt Sapper 81 große selbständige Vulkane auf, unter diesen 24 thätige. Die größte Zahl liegt auf dem dem Hochlandrücken auf der pacifischen Seite vorgelagerten Küstenstreifen; am energischsten, aber offenbar in langen Pausen thätig ist der nur 1160 m hohe Coseguina in Nicaragua; erst im vorigen Jahrhundert ist der Izalco in San Salvador entstanden. Die Volcanes de Agua und de Fuego gehören durch ihre Lage auf dem Hochland bereits näher zu den mexikanischen Vulkanen. Merkwürdig ist die Lücke der vulkanischen Thätigkeit in den seit der Pliocänzeit ruhenden Umgebungen der Landenge von Panama. Auf dem mexikanischen Hochland sind Popocatepetl (5420 m) und Jorullo noch im 17. und 18. Jahrhundert thätig gewesen, der Pik von Orizaba (5585 m) noch im 16., der Vulkan von Colima hat zuletzt 1870 einen Ausbruch gehabt, der sich bis 1881 hinzog; ebenso in demselben Jahre der Ceboruco bei Ahuacatlan, zwischen Tepic und Guadalajara. Vgl. auch S. 160. Zahlreiche vulkanische Neubildungen sind außerhalb dieses Spaltensystems auf dem Hochlande verbreitet. Wie 1759 der Jorullo, so ist 1881 ein neuer Vulkan bei Ajusco entstanden, 250 km vom Meer entfernt.

In Nordamerika, wo durch die drei thätigen Vulkane auf der Halbinsel Alaska die Verbindung mit den vulkanischen Gebilden des Großen Ozeans hergestellt ist, zeigen die Kordilleren zwar ebenso zahlreiche mannigfaltige und großartige Spuren vulkanischer Thätigkeit wie in Südamerika, aber thätige Vulkane finden sich nur wenige und diese nur in den höheren Breiten. Mount Edgecombe vor Sitka, Eliasberg (5490 m) und Wrangellberg (5300 m) am Kupferfluß auf demselben Meridian, der nördlichste, zeigen alle nur Reste von Thätigkeit, die wahrscheinlich noch in den letzten Jahrhunderten weiter nach Süden reichte. Vom Wrangellberg stieg noch neuerlich schwarzer Rauch auf, und von der Ostseite des Lynnfjords ist ebenfalls vulkanische Thätigkeit berichtet worden. Baker hatte 1880 einen Ausbruch und zugleich mit Mount Helens 1842 und 1843. Aus einer Gruppe jugendlicher Vulkanhügel am Fuße des gewöhnlich als erloschen bezeichneten Lassens Peak sollen noch 1854—57 dichte Dampfmassen aufgestiegen sein. Jung ist auch der noch vegetationslose, vollkommen regelmäßige Cinder Cone am Snagsee. Der schöne Mount Shasta in Nordkalifornien ist erloschen. Nur in Thermen und Gasquellen dauert die Thätigkeit der Monovulkane am Ostrande der Sierra Nevada fort. Erloschene Vulkane von frischem Aussehen liegen südlich vom Großen Salzsee. Die Küstengebirge von Kalifornien sind von zahlreichen jungen Vulkangesteinen durchsetzt, und es wird für wahrscheinlich gehalten, daß dort noch im 19. Jahrhundert Ausbrüche vorkamen. Die östlichsten Vulkane Nordamerikas kommen nicht unmittelbar am Ostrande der Felsengebirge, sondern 350 km weiter östlich, am Fuße der Mesa von Trinidad in Neumexiko vor. In dieser Gruppe erhebt sich der Capulin, ein regelmäßiger Schlackenkegel, zu 3000 m.

Vulkane tauchen auch in den wenig bekannten Südpolargegenden wie Ausläufer der großen pazifischen Reihen auf. Mit Neuseeland unter demselben Meridian liegt die vulkanische Balleny-Insel und der 3770 m hohe Erebus, den sein Entdecker Roß in Thätigkeit sah. Sein Nachbar Terror scheint erloschen zu sein. Südamerikas Vulkane setzen sich auf Grahamland, in den Südshetlandinseln und auf Alexanderland fort. Die 1822 von Powell als Vulkan beschriebene Bridgemaninsel ist damals als südlichster und zugleich niedrigster (120 m!) Vulkan viel genannt worden. In diesem Gebiet können als wahrscheinlich noch nicht ganz erloschen die Vulkane der Inseln Joinville, Paulet, Seymour und die Vulkanberge Lindenberg und Christensen gelten. Die Insel Deception ist ein Vulkan in reger Solfatarenthätigkeit. Vielleicht ist auch Kap Adare in Victorialand eine neuvulkanische Bildung. Borchgrevink sah dort einen Gletscher, der auf Lava lag und von einem Lavastrom bedeckt zu sein schien; er meinte, es müsse hier vor kurzem ein vulkanischer Ausbruch stattgefunden haben. Im südlichen Teil des Indischen Ozeans sind die Inseln und Inselgruppen S. Paul, Amsterdam, Prinz Eduard, Crozet und Kerguelen vulkanisch.

In Ostafrika gehören die Nachweise thätiger oder durch ihre gewaltige Größe ausgezeichneter Vulkane seit der ersten Entdeckung der erloschenen Riesen Kilimandscharo und Kenia durch die Missionare Krapf und Rebmann (1848) zu den anziehendsten und wichtigsten Ergebnissen der Forscherthätigkeit. Noch 1852 hatte Murchison die Abwesenheit aller „vulkanischen Thätigkeiten in Afrika südlich vom Äquator“ behauptet, die „wir gewöhnt sind, mit Schwankungen des Festlandbodens zu verbinden“, heute kennen wir Reste vulkanischer Thätigkeit sogar südlich vom Schirwasee. 1882 besuchte Thomson den Dönje Buru, den Dampfberg am Naiwaschasee, und sah am Fuße von Lavastufen an vielen Stellen Wasserdampf mit großer Gewalt hervortreten. Nördlich vom Naiwaschasee erhebt sich der Lonongot gegen 2400 m hoch mit einem Gipfelkrater von 1800 m Durchmesser, dessen Wände innen 500—600 m tief steil abstürzen. An der Nordostseite erhebt sich ein noch vegetationsfreier Kraterkegel von reiner Form, ein offenbar jugendliches Gebilde. Von Höhnel fand am Südende des Rudolfsees 1888 den 200—220 m hohen Teletivulkan, dessen Gipfelkrater „ruhig und unausgesetzt scharf nach Schwefel und Chlor riechende schwärzliche Rauchsäulen entströmten“. Er soll in den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts einen großen Ausbruch gehabt haben. Am Fuße einer Kraterhalbinsel von abgezirkelt kreisrunder Form, deren Abhänge mit gelbgrüner Asche bedeckt sind, liegt nach den Angaben von Höhnels Dienern „ein offener Feuerherd im ebenen Terrain, in dem das Magma noch brodelt und kocht; doch entsteigen ihm keinerlei Dämpfe“. Graf Götzen fand in dem Kegelberge Kirunga Tscha Gungo auf dem Isthmus zwischen den Kivusee und dem Albert-Edwardsee, der seine Thätigkeit schon von ferne durch einen roten Feuerschein über dem Kegel zu nächtlicher Zeit kundgab, einen Kraterkegel mit steilen Wänden von vielleicht 300 m Höhe und einem 1½ km breiten Kessel mit fast ebenem Boden. „Zwei brunnenähnliche Öffnungen, so regelmäßig, als wären sie von Menschenhand hineinzementiert“, passen vortrefflich zum Bild eines Lavavulkans; dem einen Schacht entströmte eine gewaltige Dampfwolke unter Donnergetöse.

Etwas weiter nördlich liegt der zweite, etwa 3300 m hohe Vulkan dieser Gruppe, der Kirunga Ndogo, und östlich davon ein erloschener Vulkan von mehr als 4000 m Höhe. Die ganze Gruppe steht quer auf der großen Senke. Westlich von Tanganyika liegen Spuren vulkanischer Thätigkeit, die wahrscheinlich jung sind. Vulkankegel erheben sich am nördlichen Nyassa und umdrängen den Nordrand des Albert-Edwardsees. Die Araber von Udschidschi erzählen, daß sie einmal eine ungewöhnliche Bewegung des Tanganyika auf einer langen Linie, Aufbrodeln und Entweichen von Dampf gesehen und am anderen Morgen bituminöse (?) Massen am Ufer gefunden hätten. Vgl. auch S. 156.

Die ostafrikanischen Vulkane gehören in doppeltem Sinne in den Bereich des Indischen Ozeans. Sie sind räumlich nicht allzufern davon, und die Bodenformen Ostafrikas ziehen sich in dieses Meer hinaus. Das Rote Meer ist die Fortsetzung des ostafrikanischen Grabens. Von Heuglin bezeichnet den ganzen Zug von Adulis bis Bab el Mandeb als eine Bildung aus Lava und Trachyt. Wir kennen hier Ausbrüche der Sattelinsel 1824, des Djebel Tair 1834. Jungvulkanisch ist eine Anzahl der Inseln des Roten Meeres; der Hafen von Perim ist nichts als ein mächtiges Kraterbecken mit Einsturzthor. In der Afarsenke am Ostabfall des abessinischen Hochlandes, südlich von Massaua, liegt der Vulkan Edd, der 1881 einen Ausbruch hatte, dessen Schüsse man bis Massaua hörte. Auf den Inseln des Indischen Ozeans finden wir zunächst zwei thätige Vulkane auf den Komoren und einen der auswurfreichsten der Erde auf Réunion. Mauritius ist eine große Vulkanruine. Vielleicht ist im Inneren Madagaskars die vulkanische Thätigkeit noch nicht lange erloschen, jedenfalls bedecken Schichten vulkanischen Gesteins und Kegelberge weite Gebiete, und im nordwestlichen Madagaskar sind vier Vulkane thätig.

Die Vulkane in der Nähe des Meeres.

Ein geheimnisvoller Zusammenhang zwischen dem Meere und dem Erdinneren bindet die Äußerungen der vulkanischen Thätigkeit an Küsten und Inseln. Es gibt unverhältnismäßig viel vulkanische Inseln auf der Erde. Von den in Europa thätigen sieben Vulkanen liegt nur einer auf dem Festlande; Ätna, Vulcano, Stromboli, Methana, Santorin, die untermeerischen Vulkane um Pantelleria, sind Inselvulkane. Das Verhältnis ist ganz ähnlich in Afrika. Auch in Asien sind nur die Inseln reich an thätigen Vulkanen; mit ihnen kann sich nur noch Kamtschatka vergleichen, die schmale, weit in den Ozean vorspringende Halbinsel. Der größte Binnensee der Erde, der Kaspisee, hat auch seinen noch halb thätigen Vulkan am Südrande im Demawend. Australien ist samt Tasmania in der Gegenwart ganz frei von thätigen Vulkanen, während das nahe Neuguinea bereits Reste vulkanischer Thätigkeit aufweist. Amerika ist reich an thätigen Vulkanen im Westen, und zwar liegen sie alle nicht auffallend weit von der Küste. Außerdem hat Westindien seine Inselvulkane. In der Arktis und Antarktis endlich kennen wir nur Insel- und Küstenvulkane.

Das größte Ergebnis dieser Gruppierung ist aber der mächtige Vulkanbogen um den ganzen Stillen Ozean, der „Feuerkreis", der am Südostrand bei Feuerland einsetzt, die amerikanische Küste bis zu den Aléuten begleitet, und dem Ostrand Asiens mit seinen vulkanischen Inselgruppen folgt, die bis zu dem furchtbar thätigen Temboro auf Sumbawa reichen; den Abschluß bildet dann die südpazifische Inselkette Sumatra-Neuseeland-Victorialand-Feuerland. Die Nähe der Vulkane am Meer oder andern großen Wassermassen ist also in vielen Fällen bewiesen. Aber allzu einfach dürfen wir uns das Verhältnis der Vulkane zu den großen Wassermassen darum doch nicht vorstellen. Besonders geht die Mitwirkung des Meeres bei der vulkanischen Thätigkeit nicht ohne weiteres daraus hervor. Sicherlich liegen die meisten Vulkane auf Inseln und Küsten, aber eine stattliche Zahl davon läßt auch weite Räume zwischen sich und diesen Wassermassen. Wenn Inselvulkane wie der Gunong Semeru auf Java und der Fudschi Yama auf Nippon noch 25 und 28 km vom Meer entfernt sind, kann man die mechanische Einwirkung des Meerwassers auf die Ausbrüche durch Dampfbildung noch für möglich

halten. Wenn aber der Demawend 60 km vom Kaspisee entfernt ist, der Ararat 90 km vom Goktschaisee, der Acongagua 140 km, der Chimborasso 150 km, der Cotopaxi 200 km vom Meere, wenn die Vulkane Zentralmexikos auf Spalten liegen, die sich von der Küste entfernen, ist an die Mitwirkung des Meerwassers bei den Ausbrüchen kaum mehr zu denken. Asiatische und afrikanische Vulkane liegen aber sogar 800—1100 km vom Meer entfernt.

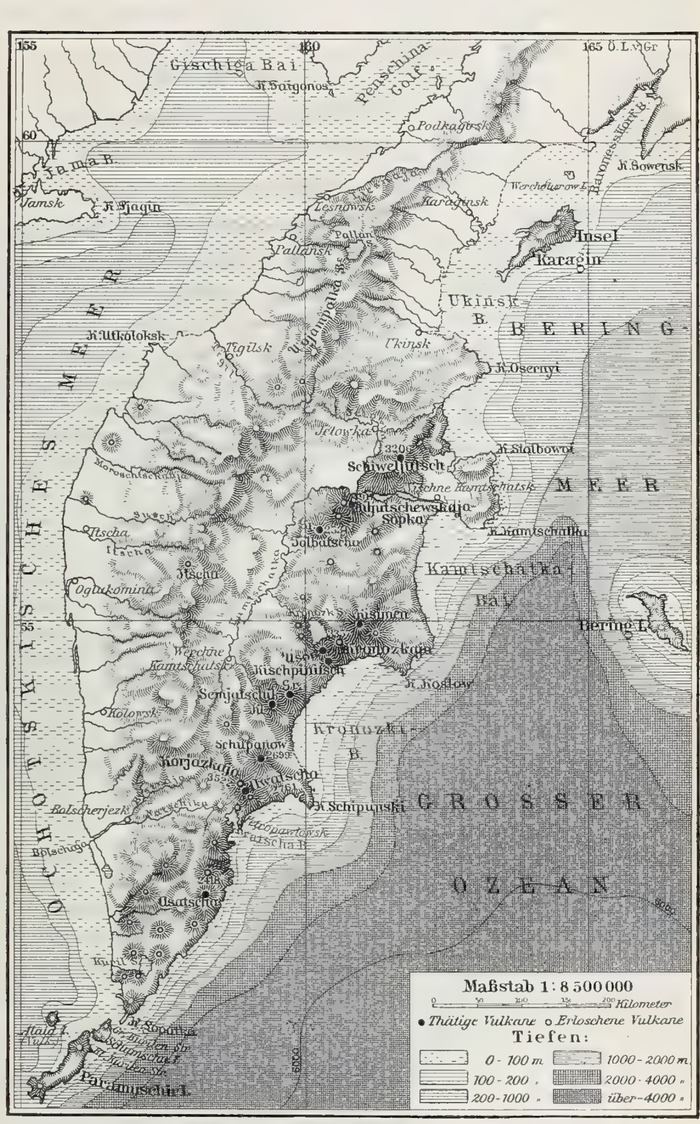
Will man eine Mitwirkung des Meeres beweisen, dann muß man erst fragen: warum findet nicht alle vulkanische Thätigkeit im Meere oder in der größten Nähe der Küste statt, wo die Mitwirkung des Wassers am leichtesten eintreten kann? Und weiter: warum sind große Meere und weit ausgedehnte Meeresstrecken im Atlantischen Ozean, im Nördlichen Eismeer, im östlichen Stillen Ozean und Nebenmeere, wie Nordsee, Ostsee, Schwarzes Meer, Hudsonbai, frei von thätigen Vulkanen? Und endlich: warum sind nicht alle Kontinentalränder und Kontinentalabfälle mit Vulkanen besetzt? Woher ein so schroffer Gegensatz wie zwischen den pazifischen und den atlantischen Gestaden von Amerika oder eine so eigentümliche Erscheinung wie die Vulkanfreiheit aller Küsten Australiens? Woher die Zusammendrängung der Vulkane im westlichen Stillen Ozean hart neben der Vulkanarmut im östlichen Indischen Ozean?

Die Meeresnähe kann also höchstens zur vulkanischen Thätigkeit beitragen, und die Ursache davon muß wo anders als in den Wassermassen des Meeres gesucht werden. Wir haben also zu fragen, ob es nicht Beziehungen zwischen der vulkanischen Thätigkeit und dem Meere gibt, die ihren Grund statt im Inhalte nur im Boden und in den Wänden des Meeresbeckens haben. Thätige Vulkane treten mit Vorliebe an steilgeböschten Küsten mit jungen Faltengebirgen auf. Solcher Natur sind vor allem die Küsten des Stillen Ozeans. Die Meere sind Einsenkungen und Einbrüche, die Ränder der Kontinente sind Bruchränder, die Linien größter Störungen folgen. Wo bei der Aufrichtung der Faltengebirge der Zusammenhang des Erdbaues gelockert oder zerrissen wurde, sind Glutmassen emporgestiegen und ausgetreten: der Vulkanismus ist eine Folgeerscheinung der Gebirgsbildung. Wo Vulkane fern vom Meere auftreten, geschieht es wiederum in der Nachbarschaft großer Brüche und Senkungen, wie im Inneren Ostafrikas oder am Fuße der Faltengebirge von Zentralasien. Das Wasser fließt diesen Senkungsgebieten zu, sammelt sich in ihnen und bespült natürlich den Fuß der Vulkane.

Da man die ostafrikanischen Vulkane als Beispiele vulkanischer Thätigkeit fern vom Meere zu nennen pflegt, sei ausdrücklich darauf hingewiesen, wie schwach diese Thätigkeit im Vergleich mit derjenigen der Vulkane im pazifischen Ring und selbst der europäischen ist. Am häufigsten werden Dr. Fischers Dönje Ngai und v. Höhnels Berg Teleki als thätige Binnenlandvulkane Afrikas citiert. Nun hat Dr. Fischer den „Dönje Ngai“ nicht selbst ausbrechen sehen; er sagt: „Nur einmal bemerkte ich etwas Rauch aus dem Krater aufsteigen, doch gaben Massai und Mohammedaner übereinstimmend an, daß zuweilen feurige Streifen nachts sichtbar seien und sich von Zeit zu Zeit Getöse aus dem Berge hören lasse.“ 1880 scheint gleichzeitig mit einem heftigen Erdbeben, das auch in Sansibar verspürt wurde, ein Ausbruch stattgefunden zu haben. Aber auch in Bezug darauf sind die Nachrichten nicht ganz überzeugend. Die 50—55° warmen Thermen am Manjara ferner können einer ganz alten vulkanischen Thätigkeit entspringen. Schöller bemerkte von dem Dönje Ngai nur die weitgeöffnete Kraterschlucht. Der Vulkan Teleki ist nach v. Höhnels Schilderung im Solfatarenstadium: die Rauchwolken steigen nicht aus einem einzelnen Schlunde, sondern von mehreren an den Innenwänden des Kraters verteilten Stellen auf. Die Ränder zunächst der Krateröffnung waren mit grell rotorange gefärbten Effloreszenzen besetzt. Auch der Blick in die geologische Vergangenheit Afrikas ändert nichts an dem Eindruck der Schwäche des Vulkanismus auf afrikanischem Boden. Eine regere vulkanische Thätigkeit ist in Afrika schon seit der jüngeren Tertiärzeit nicht mehr gespürt worden. Aber auch in der älteren Tertiärzeit hat sie nie eine Ausdehnung wie an den Rändern des Stillen Ozeans gehabt. Das ist wichtig für die Erkenntnis des Zusammenhanges zwischen Vulkanismus und Gebirgsbildung. Vgl. übrigens S. 154.

Die Vulkanreihen und Vulkangruppen.

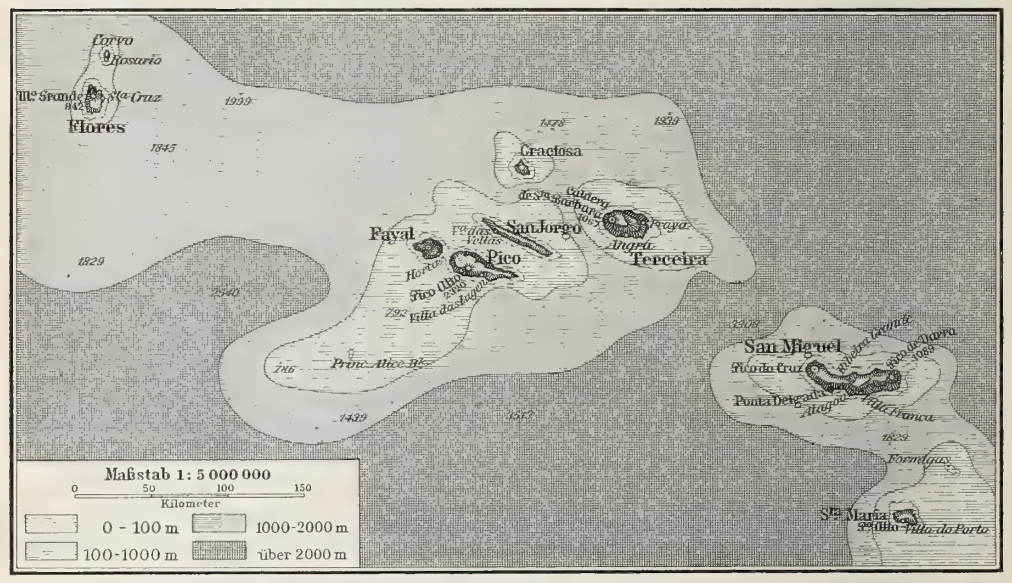
Platon spricht im „Phädon“ die Ansicht aus, von großen Glutmassen (Pyriphlegethon), die unter der Erde strömen, seien die Lavaströme, wo auf der Erde sie sich auch finden mögen, nur als kleine Teile heraufgeblasen; Strabo nennt die ganze Gegend zwischen dem Ätna und Vesuv „unterfeurig“. Die augenfällige Zusammengehörigkeit der Vulkane einer Gegend ist noch klarer geworden, als man weitere Gebiete mit viel zahlreicheren Vulkanen in Reihen besetzt fand. Man sah Vulkanreihen in Chile aus 33, in Kamtschatka aus 38 (s. die nebenstehende Karte), auf den Alëuten aus 48 Vulkanen gebildet. Letztere dehnen sich 1200, die von Chile 1700 km aus. Die chilenische Reihe ist fast geradlinig, die ostasiatischen sind alle gleichmäßig gebogen. Die „Kamerunlinie“ Passarges: Annobom, S. Tomé, Principe, Fernando Póo, Kamerunberg, Tschebtschiberge am Benuë ist das Muster einer regelmäßigen Vulkanreihe. Man sah dann weiter die einzelnen Reihen zusammenhängen. Leopold von Buch nannte zuerst derartig angeordnete Vulkane Reihenvulkane, „die in einer Richtung, wenig voneinander entfernt, liegen, gleichsam als Essen auf einer langgedehnten Spalte“. Man ließ die Spalte bis zum Sitz des Feuerflüssigen hinabreichen und war der Erkenntnis des Vulkanismus nähergerückt. Daß indessen die Vulkane auf ihren Spalten oft so weit entlegen voneinander auftreten, und daß sie nicht in geraden Reihen nebeneinander, sondern zickzackförmig angeordnet



Die Halbinsel Kamtschatka. Nach englischen und russischen Karten.

liegen (s. das untenstehende Kärtchen), warnt uns auch hier, uns das Verhältnis dieser Spalten zum Erdinneren allzu einfach zu denken. Vielmehr muß man örtliche Schwierigkeiten in einem Abschnitt einer Spalte voraussetzen, die beim Ausbruch zu überwinden sind, und das Wandern von einem Ausbruchspunkt zum anderen in jedem größeren und kleineren Vulkangebiet geschieht offenbar die Spalten entlang, die hier tot liegen und dort sich neu entzünden.

Ein weiterer Schritt war die Verbindung der Vulkanspalten mit bestimmten anderen Stellen der Erdoberfläche. Der Vesuv bildet den südlichen Endpunkt einer ca. 400 km langen Linie, die sich am Westabhang des mittleren Apennin hinzieht und durch eine ganze Reihe von erloschenen Vulkanen bezeichnet ist, zu denen der 1700 m hohe Monte Amiata bei Rom, die Rocca monfina, die Hügel der Phlegräischen Felder gehören. Längs derselben Linie liegen eine Reihe von Krater-

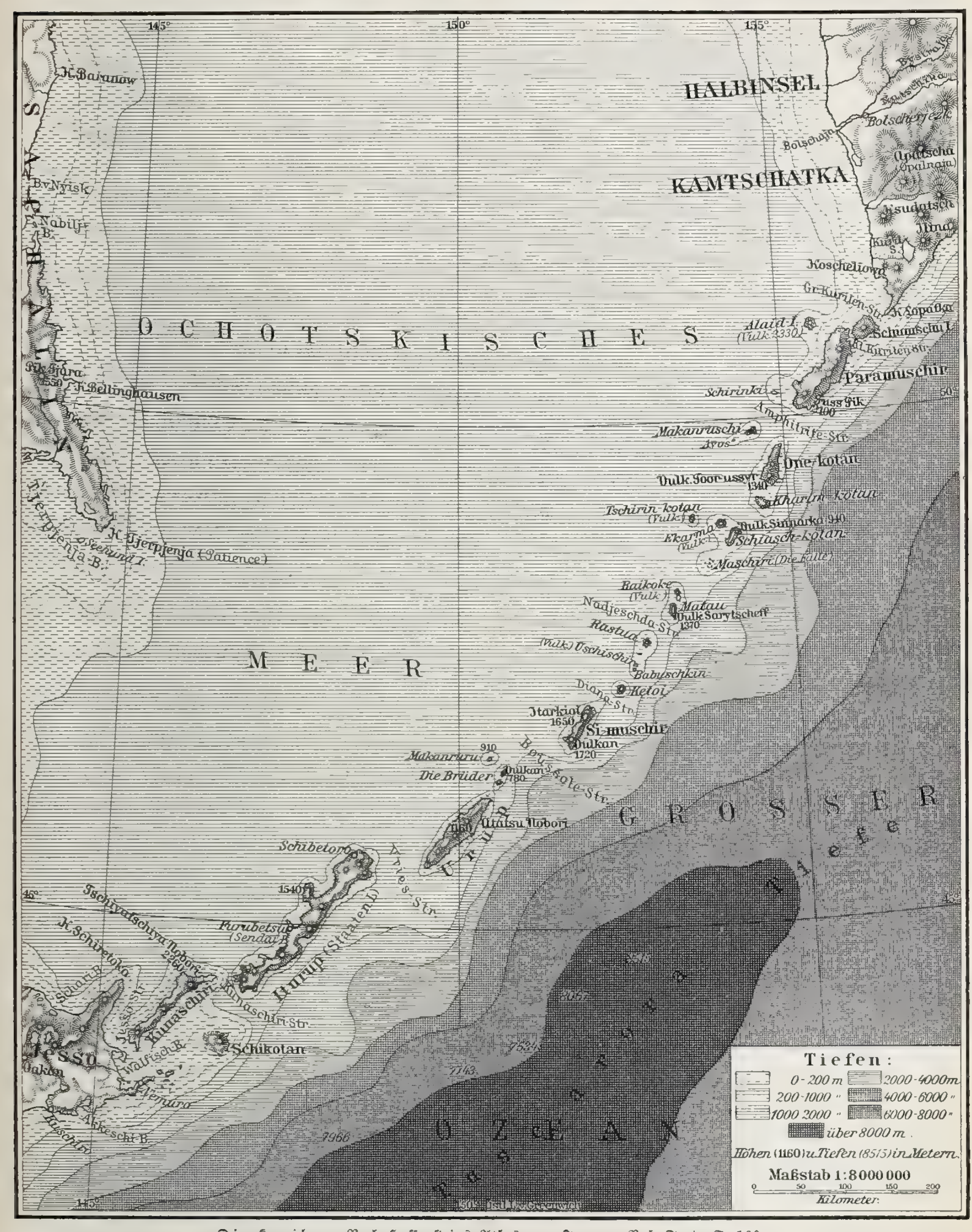


Die Azoren. Nach einer englischen Seekarte.

seen, die Laghi di Bolsena, Bracciano, Nemi, Albano. Es ist dieselbe Linie, die Sueß in seinen Betrachtungen über den Bau der italienischen Halbinsel als Bruch- oder Zertrümmerungslinie bezeichnet, da entlang derselben ein mächtiges Kettengebirge von Palermo an bis nach Elba hin abgebrochen und im Tyrrhenischen Meer versunken sei. Wo die Aufreihung wenig hervorzutreten scheint, wie im Ägäischen Meer, da ließ die Heranziehung älterer Vulkangebilde schon Leopold von Buch die nordwestlich-südöstliche Richtungslinie erkennen, an deren Ende Santorin liegt, während Methanas und Äginas vulkanische Bildungen im Nordwesten abschließen.

Man erkannte dann, daß nicht bloß Vulkankrater und Lavaströme derlei Richtungslinien bezeichnen. Auch Erdbeben erschüttern Punkte, die durch gerade oder flachbogige Linien verbunden sind, und Thermen oder Gasaushauchungen lassen gleichfalls gemeinsame Spalten erraten, die in die Tiefe reichen. Nicht bloß die Vulkane des böhmischen Mittelgebirges, der Kammerbühl bei Eger und andere, auch die Thermenreihe Teplitz-Karlsbad gehören einer Spalte an, in der ein Stück Erzgebirge versank. Auf der großen Bruchlinie Wien-Gloggnitz, an der ein Teil der östlichen Alpen abgesunken ist, treten ebenfalls Thermen auf. Zur Hauptrichtung rechtwinkelig stehen oft kleinere Gruppen von Vulkanbergen auf kleineren Spalten. Man

empfängt den Eindruck, daß von einer großen Spalte mehrere kleine Spalten rechtwinkelig abzweigen, ebenso wie auch die Gruppen „parasitischer“ Vulkane mit ihrem Hauptvulkan oder



Die Kurilen. Nach Hassensteins Atlas von Japan. Vgl. Text, S. 160.

untereinander strahlen- oder reihenförmig stehen. Das hat früher die Annahme von Hauptspalten erschwert. Aber diese geringere Regelmäßigkeit verstärkt eher den Eindruck der das

Ganze beherrschenden Gesetzmäßigkeit. Im Ägäischen Meer stehen rechtwinkelig zu der Linie Ägina-Santorin die Einzelgruppen Methana und Ägina; Paros; Milo, Kimolo, Polivo; Polikandro; Christiani, Santorin, Columbobank. Man sah bis auf L. von Buch darin nur willkürliche Zerstreuung. Aber „die Vulkane Griechenlands sind nicht unregelmäßig zerstreut, sondern sie sind vielmehr fast zu regelvoll und gesetzmäßig geordnet" (von Seebach). Dieselbe Verteilung findet man in Mexiko, wo die intensivste vulkanische Thätigkeit auf der Kreuzung der Hauptspalte mit Nebenspalten arbeitet. Solche Punkte sind Popocatepetl und der Nevado von Toluca; der Pik von Orizaba, der höchste, steht über einer Nebenspalte.

Auch die Vulkane der Sunda-Inseln stehen zum Teil auf Querspalten, senkrecht zu den die Inseln durchziehenden Längsspalten. Java zeigt Vulkane bald auf einer, bald auf zwei, in Preang auf vier Linien, die parallel laufen; dazu kommen noch manche Querlinien. Es sind Verwerfungen, Sattel- und Muldenlinien darunter, aber auch scheinbar unmotivierte Linien. Dieselbe Vereinigung rechtwinkelig aufeinanderstehender Spalten tritt in noch kleinerem Maß an den einzelnen Vulkanen hervor. Ihr entsprach die rechteckige Gestalt des Ätnakraters nach dem Ausbruch von 1865; bei Lyell findet man dafür den Ausdruck „zweiachsiger Krater". Ebenso ergibt die Richtung Columbo-Santorin-Christiani eine Grundlinie, von der die Verbindungslinie der drei Kaimeni nur um 20° abweicht, und dieser wieder läuft die Verbindungslinie der Senkungen im Becken von Santorin von 1866 sowie der damaligen Lavaergüsse parallel. Im Golf von Neapel kreuzen sich mehrere vulkanische Spalten, deren Aufeinandertreffen die Senkung des Golfes bewirkt haben könnte. Die Liparischen Inseln, aus etwa 30 über dem Meeresspiegel hervorragenden Vulkanen bestehend, sind in Form eines dreistrahligen Sternes angeordnet. Wenn einzelne Reihen auch in der Regel nach ein paar hundert Kilometern abbrechen, so nimmt ihre Richtung doch oft eine neue Vulkanreihe auf, sie in einiger Entfernung genau so oder etwas abweichend weiterführend; es können sich dazwischen rechtwinkelige Richtungen einschieben, doch bleibt eine Hauptrichtung bestehen.

Man muß wohl unterscheiden zwischen Richtungslinien und wirklichen Spalten. Jene, gebildet durch Brüche, Senkungen, Verwerfungen, können sehr einfach verlaufen, wenn sie in Wirklichkeit auch aus einer Anzahl von kleineren, sprungweise aneinander verschobenen Spalten bestehen. Wahrscheinlich sind viele Spalten gebrochen, die man für geradlinig hielt. Aber es gibt auch Richtungslinien, auf denen die Spalten zerstreut auftreten. Sehr schön zeigt das amerikanische Mittelmeer, daß weder die geradlinige Anordnung noch die Anordnung auf Kreisabschnitten, die wir hier so schön ausgeprägt finden, für die Vulkane der Antillen und Mittelamerikas besonders bezeichnend ist; das sind vielmehr die Richtungen der Bruchlinien, an denen Land in die Tiefe gegangen ist; entlang diesen Linien finden wir vulkanische und unvulkanische Inseln; der Vulkanismus ist also nicht die Ursache, sondern eine Folge dieser Linien. Das gilt besonders von dem schönen regelmäßigen Kreisbogen der Kleinen Antillen, der uns an das Bild der Perlenschnur erinnert, das O. Peschel von den Kurilen gebraucht hat (s. die Karte S. 159). E. Naumann sagte dazu treffend: „Wenn man die Vulkane mit Perlen vergleicht und die Inselreihen mit Blumenguirlanden, so sind die Vulkane doch nur die den Blumenguirlanden eingestreuten Perlen."

Kann man auch die Verbreitung der Stärke der vulkanischen Thätigkeit nicht rein an der Größe der vulkanischen Berge abschätzen, weil diese auf verschiedenen Fundamenten stehen, so läßt doch auch die Verbreitung der hohen Vulkane in einer Reihe einige Regelmäßigkeiten erkennen. In dem Vulkanring des Stillen Ozeans sind die höchsten vulkanischen Erhebungen Süd- und Nordamerikas den Endpunkten der amerikanischen Vulkankette im nördlichen Nord- und südlichen Südamerika genähert. Ähnlich ist es in kleineren Gruppen, z. B. in Mittelamerika. Auch in Afrika ist unter den hohen Vulkanbergen der

höchste, der Kilimandscharo, der südlichste. So liegt unter den italienischen der Ätna am Ende der Reihe der viel kleineren Vulkanberge der Halbinsel und der Liparen. Und im Stillen Ozean erheben sich die Vulkane von Hawaï zwischen insellosen Räumen als die höchsten aller rein vulkanischen Berge.

Die Verdichtung der vulkanischen Thätigkeit auf bestimmte Erdstellen hat schon Leopold von Buch veranlaßt, den Reihenvulkanen Zentralvulkane gegenüberzustellen, „die den Mittelpunkt vieler, nach allen Seiten hin wirkender Ausbrüche bilden". Dies ist ein gesunder Gedanke, der nur in der Anwendung übertrieben worden ist. Von Richthofen hob dann die Ähnlichkeit zwischen großen Vulkangruppen und den um einen Zentral- oder Muttervulkan, wie den Ätna, sich gruppierenden hervor: „Wie diese Parasitenvulkane ihre Wurzeln in der glühenden Lava haben, so müssen Vulkane überhaupt als Parasiten betrachtet werden auf gewissen subterranen Abschnitten massiver Eruptionen, welche noch immer eine hohe Temperatur besitzen und durch die Molekularverbindung mit Wasser, das Zutritt zu ihnen findet, in einem flüssigen Zustand erhalten werden." In kleinem Maße treten solche Vulkane an Vesuvlaven als Boccas auf, und wir finden sie auf dem großen Lavaerguß des Jorullo als Hornitos (Öfchen). Das Muster einer solchen Gruppierung haben wir im Vulkangebiet von Diret el Tulul in Nordsyrien, wo einer 1000 qkm umfassenden Lavamasse 200 Ausbruchskegel aufsitzen. In solchen Fällen liegt die Vulkankegel erzeugende Schmelzmasse an der Oberfläche. Meist findet sie sich in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche, und noch tiefer liegen vielleicht vulkanische Zentralmassen von noch weiterer Verzweigung. So kann man mit Stübel in absteigender Ordnung von Vulkanherden dritter, zweiter und erster Klasse sprechen, die immer den Vereinigungspunkt einer Familie von großen und kleinen Vulkanen bilden, deren oberflächlich sichtbare Verbindung sich in der schildförmigen Unterlage aus vulkanischen Gesteinen, in der gemeinsamen Senke, die das Ganze umzieht, in der Anordnung der kleineren Ausbruchsstellen in Strahlen oder Linien zu einem Hauptherd zeigt.

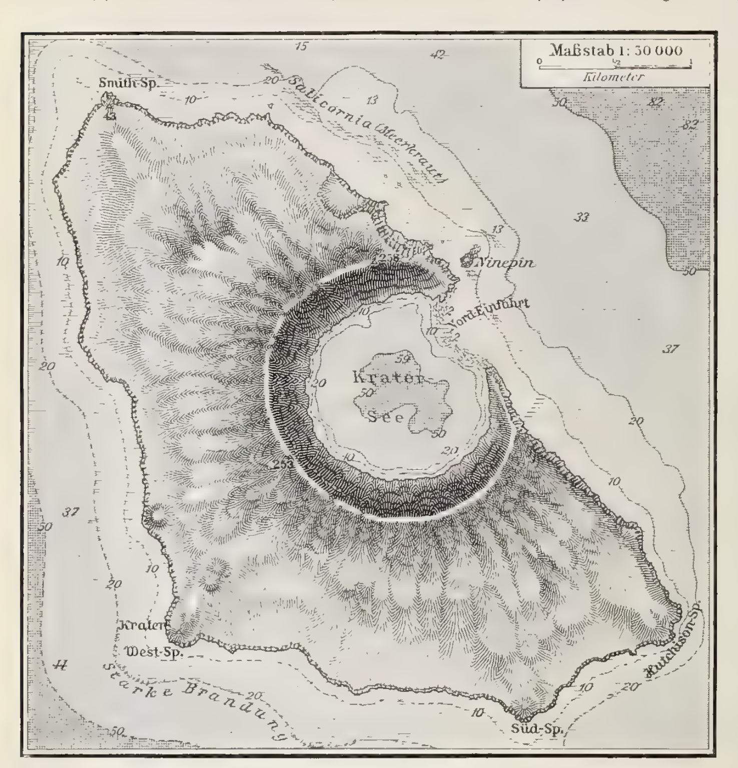
Es ist vor allem auch für den Eindruck der vulkanischen Landschaft von Bedeutung, daß an manchen Vulkanen die „parasitischen Kegel" unmittelbar den Hängen aufsitzen und dadurch dem Profil des Hauptberges eine gewisse Mannigfaltigkeit verleihen. Das ist der Typus des Ätna. Umgekehrt hat sich unter Hunderten von vergänglichen niedrigen Krater- und Schlackenhügeln zwischen Puebla und Mexiko nur ein dauernder Vulkan, der „rauchende Berg", erhoben, dessen Gehänge in ungeheuren Linien zur Hochebene hinabsinken. Während auf den unteren Gehängen des Ätna zahlreiche parasitische Kraterhügel stehen, erblickt man am Vulkan von Mexiko keine deutlichen Spuren ähnlicher seitlicher Ausbrüche. Eine dritte Art der Gruppierung zeigen uns die Riesenvulkane von Hawaï: als gleichberechtigte stehen sie nebeneinander. Nicht bloß sie selbst, sondern auch ihre Umgebung ist arm an kleinen Ausbruchskegeln. Der Mauna Loa und der Kilauea sind nach den Gipfeln gemessen 30 km, Mauna Kea und Hualalai nicht viel weiter voneinander und von jenen entfernt. Wiederum anders ist der Zusammenhang der Vulkane in Gebieten von zahlreichen Miniaturkegeln, Solfataren, Thermen, wie auf den Phlegräischen Feldern.

Natürlich kann die Ursache dieser Unterschiede in der Lagerung nur in einer entsprechend mannigfaltigen Verzweigung der vulkanischen Kräfte in nicht großer Tiefe gelegen sein. Vor allem deutet der „Zentralvulkan" mit seinen wandernden Ausbruchspunkten und seiner Familie untergeordneter jüngerer Krater auf eine Stelle in der Erde, von wo Gänge ausstrahlen, die zum Teil für lange Zeit gangbar, zum Teil nur einmal offen sind. Diesen gemeinsamen Herd greifen wir mit Händen in den leider nicht häufigen Fällen, wo die Abtragung das Innere eines alten Vulkangebietes bloßgelegt hat: Lavaherd in beträchtlicher Tiefe, von ihm ausgehend

Hauptgänge, die sich in Nebengänge verzweigen, und in jedem einzelnen Gang in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche der Lavaraum für den einzelnen Ausbruch. Isolierte Vulkane, die nur einen einzigen Schlot besitzen, haben dann auch nur einen einzigen Lavagang.

Vulkanische Inseln.

Viele Gebirge werden von Vulkangipfeln gekrönt. In den Fundamenten der Anden liegen die ältesten Gesteine der Erde und über ihnen die allerverschiedensten geschichteten; aber die höchsten Gipfel sind Vulkane. Auch der rund 7000 m hohe Aconcagua, dessen vulkanischer Charakter lange angezweifelt worden war, ist ein Vulkan. Die höchsten Erhebungen der Gebirge des Meeresbodens ragen als vulkanische Inseln hervor. Bald steigen die Vulkane vereinzelt, wie verloren, aus dem Wassermeer auf, so wie der Aconcagua in das Luftmeer hineinragt, bald stehen sie gesellig in Linien nebeneinander. Und diese Linien verraten im Dahinstreichen und Nebeneinanderlagern die Eigenschaften von Gebirgsketten und -Kämmen. Entlegene Vulkaninseln, wie St. Paul (s. das nebenstehende Kärtchen), offenbaren erst dem Tiefenlot ihren Gebirgszusammenhang.



Die Insel St. Paul, Indischer Ozean. Nach der englischen Admiralitätskarte. Vgl. Text, S. 163.

Die nordwestlich vom Hawaï-Archipel hinausziehenden Inseln, zu denen Bird, Laysan, Lisianski, Midway gehören, stehen auf einer Erhebung, die durchschnittlich nicht 2000 m erreicht, von der es aber nördlich und südlich in Tiefen von 4000—5000 m hinabgeht. Es ist ein gewaltiges Gebirge, das in der äußersten südöstlichen Insel der Kette, Hawaï, 4250 m erreicht und in der äußersten nordwestlichen den Meeresspiegel nicht mehr überragt. In der ganzen Kette findet sich kein anderes Gestein als Lava oder Korallen. Wahrscheinlich ist die vulkanische Thätigkeit von Nordwesten nach Südosten gewandert, und die höchste Insel auch hier die jüngste.

Steigt man zu den Fundamenten dieser Inseln hinab, so zeigt sich, daß „vulkanische Insel“ oft in demselben Sinn ein allzu weiter Begriff ist wie „vulkanisches Gebirge“. Viele Vulkane ruhen an irgend einer Stelle auf nichtvulkanischem Boden, und dieses Fundament kommt auch in vielen Inseln zum Vorschein. Es ist ein großer Unterschied zwischen einer Insel, die nur Krater und vulkanischer Aschenhaufe ist, auf der, wie auf Hawaï, nichts Nichtvulkanisches außer gehobenen Riffen und Muschelbänken gefunden wird, und einer Insel, deren vulkanische

Gesteine auf uraltem, zu Tage tretendem Granitgrund ruhen. Man muß bei jeder vulkanischen Insel genau zusehen, ob nicht Gesteine eines anderen als vulkanischen Fundamentes vorhanden sind. Selbst die scheinbar rein vulkanischen Galapagos zeigen Granitstücke unter ihren Auswürfen. Besonders bei größeren Inseln ist die einseitige Betonung des vulkanischen Elementes in ihrem Aufbau geeignet, Mißverständnisse zu erwecken.

So kann sicherlich Island nicht ohne weiteres als eine Vulkaninsel bezeichnet werden, wenn auch eine Menge seiner Gesteine aus älteren vulkanischen Ergüssen der Tertiärperiode stammt; der Ausdruck „vulkanische Insel" wäre unschädlicher. Die thätigen Vulkane dort gehören zwei Linien an, deren eine im südlichen Teile der Insel südwestlich bis nordöstlich verläuft, während die andere im Nordteil nordsüdlich gerichtet ist. Die mächtigen Lavaströme bedecken 7400 qkm, immerhin nur 1/17 der Oberfläche der Insel.

Die Umrisse der vulkanischen Inseln entsprechen im Grunde denjenigen der Vulkane auf dem festen Lande; doch kommt immer nur ein Teil der Basis des Vulkanberges als Insel zum Vorschein, und von der Höhe des über dem Meeresspiegel hervorragenden Teiles hängt es dann ab, wie groß die Insel und welches ihre Form ist. Schneidet das Meer den Kegel des Vulkanes im unteren Teil, so erhalten wir eine größere Insel von rundem oder vieleckigem Umriß. Ein Querschnitt weiter oben gibt die kleinen Vulkaninseln (s. die nebenstehende Abbildung), die von radial nach allen Seiten auslaufenden Thälern mit gebuchteten Rändern umgeben sind, während in jenen größeren eine gewisse Härte der Umrißlinie im raschen Wechsel der Ein- und Aussprünge liegt. Schneidet aber das Meer die Kraterregion, so bildet der Kraterrand eine halbkreis- oder hufeisenförmige Insel oder eine entsprechend gelagerte Eiland- und Klippenreihe. So ist Stromboli und Tristan da Cunha ein Vulkankegel, und Barren Island im Bengalischen Meerbusen ist ein regelmäßiger Kraterwall mit einem Auswurfskegel in der Mitte, während Santorin und St. Paul (vgl. die Karte S. 162) als schmale, bogenförmige Inseln erscheinen. St. Paul ist die Ruine eines alten Kraterwalles, dessen Nordostseite eingebrochen ist. Hier flutet daher das Meer hinein. Lava und Tuff in Wechsellagerung, vielleicht das Werk eines einzigen mächtigen Ausbruches, bauen die dunkeln Wände auf. Bei Santorin treten dagegen die jüngeren Eruptionskegel als besondere Klippen im Rahmen der die Hauptinsel bildenden Ruine eines alten Kraterrandes hervor, während den einfachen hufeisenförmigen Kraterrand die Insel Deception in der Antarktis, der Monte Colibre auf den Columbretes und andere zeigen.

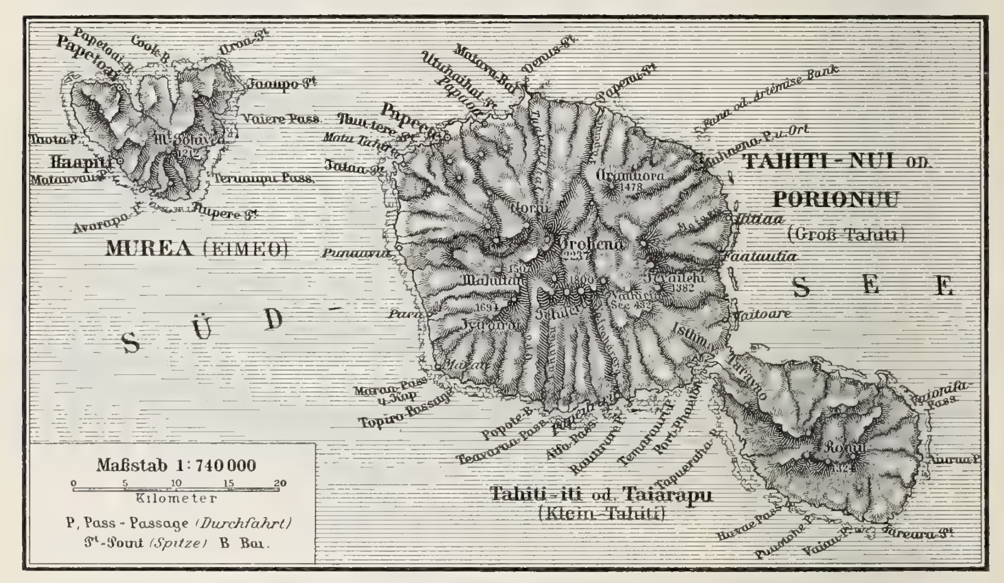


Die junge Vulkaninselgruppe Iwan Bogoslof im Beringsmeer.
Aus The World's Work. (Vgl. Text hier und S. 166.)

Entsprechend dem breit hinausziehenden Fuße vulkanischer Berge ist auch der untergetauchte Teil vulkanischer Berge breit, sein Gefälle meist träge. Die großen Vulkane von Hawaï steigen vom Meeresboden gegen 10,000 m hoch empor und ruhen als flache Kegel auf einer Grundlage, deren Durchmesser 14mal so groß als ihre scheinbare Basis in Meereshöhe ist. Die Masse des Mauna Loa dürfte hinter 200 Kubikkilometern nicht weit zurückbleiben. Das für den landschaftlichen Eindruck der Inseln noch mehr als bei den Bergen entscheidende Profil wird ganz

durch die Zusammensetzung der Auswürfe bestimmt. Madeira, Tenerife, Palma, die aus deckenartigen Lagern basaltischer Laven bestehen, steigen wie Gewölbe aus der Flut, ebenso das ähnlich gebaute St. Helena steilküstig, „ganz plötzlich wie ein schwarzes Schloß“. (Darwin.) Die Flanken der Aschenvulkaninseln zeigen dagegen im unteren Teil die eingebogene Kurve einer Schutthalde (vgl. die Abb. des Cotopaxi auf der Tafel bei S. 140 und die des Fudschi Yama S. 140).

So wie die Gestalt der Vulkankegel durch den Wind mitbestimmt wird, greift der Wellenschlag in die Gestaltung der Vulkaninseln ein. Es ist die Wirkung des Südostpassates, wenn an der Südseite der Tuffkrater der Galapagos immer tiefer ist. Einfluß in demselben Sinne haben die Wellen, die aus derselben Richtung ununterbrochen gegen den noch unter dem Wasserspiegel liegenden Kraterrand schlagen. Lavainseln sind gewöhnlich durch mauerartig steile



Tahiti. Nach den französischen und englischen Admiralitätskarten.

Küsten ausgezeichnet, deren tiefer Abfall unter dem Meeresspiegel nicht durch die Brandung allein erklärt werden kann, sondern auf Senkung hinweist.

Aus der Gruppierung der Inselvulkane gehen Formen hervor, die in den Umrissen der Küsten und Inseln zum Ausdrucke kommen. Wir haben die Entstehungsgeschichte von Vulkanen kennen gelernt, die Meeresbuchten ausfüllen. Andere haben durch ihre Auswurfsgesteine fertige Inseln mit dem Lande verkittet. Eine der merkwürdigsten angekitteten Halbinseln ist die von Samaná auf San Domingo, an deren Anschluß der Vulkan Yuna offenbar starken Anteil gehabt hat. Zwei Vulkanberge in Verbindung bilden Doppelinseln mit zweifacher Anschwellung, wie Tahiti (s. das obenstehende Kärtchen), Maui, Jan Mayen, Guadelupe. Ometepe und Madera (vgl. die Abbildung S. 175), Zwillingsvulkane, angeblich mit Seen in ihren alten Kratern, bilden die große Insel des Nicaraguasees. Vulkanreihen stehen auf langgestreckten Inseln, in deren Länge die einzelnen Berge wie Anschwellungen hervortreten. Sie erinnern im Umriß an die Schotenfrüchte mancher Pflanzen, deren Samenkerne wiederholte Anschwellungen bilden. Vulkanketten von größerer Ausdehnung endlich erscheinen als Inselketten von oft sehr regelmäßiger Erstreckung und Anordnung. In diesen Ketten können die einzelnen Berge dicht aneinandergereiht

liegen, so daß auch die einzelnen Inseln nur durch schmale Zwischenräume geschieden sind; oder es trennen weite Zwischenräume die einzelnen Inseln, so daß nur in der Festhaltung einer Richtung der tiefere Zusammenhang zu erkennen bleibt, wie in den kleinen ozeanischen Inseln des Atlantischen Ozeans, wo Fernando Póo, Principe, São Thomé, Rolas, Annobom Glieder einer einzigen Reihe sind, die durch den Pik von Kamerun mit dem Festland verbunden ist.

Gerade bei den Inseln wird durch das vereinzelte Hervortreten der höchsten vulkanischen Kegel die Regelmäßigkeit der Anordnung noch deutlicher. Sowohl die einfache Aneinanderreihung als die Bildung von Querstellungen in den Hauptreihen zeigen die griechischen Vulkaninseln sehr deutlich, schon L. von Buch hat die Nordwest-Südostreihe von Ägina bis Santorin verfolgt. (Vgl. oben, S. 160). So liegen die Azoren auf drei parallelen, ziemlich gleich weit voneinander entfernten Linien von annähernd nordwestlicher Richtung. Die Kap Verden zeigen ebenfalls zwei einander kreuzende Richtungen, die eine geradlinig von Nordwesten nach Südosten, die andere ein nach Nordwesten offener Bogen; beide schneiden sich fast in rechtem Winkel auf der Insel Boavista. Ähnlich schneidet auf den Kanarien eine gerade Nordost-Südwestlinie einen nach Norden geöffneten Bogen auf Gomera.

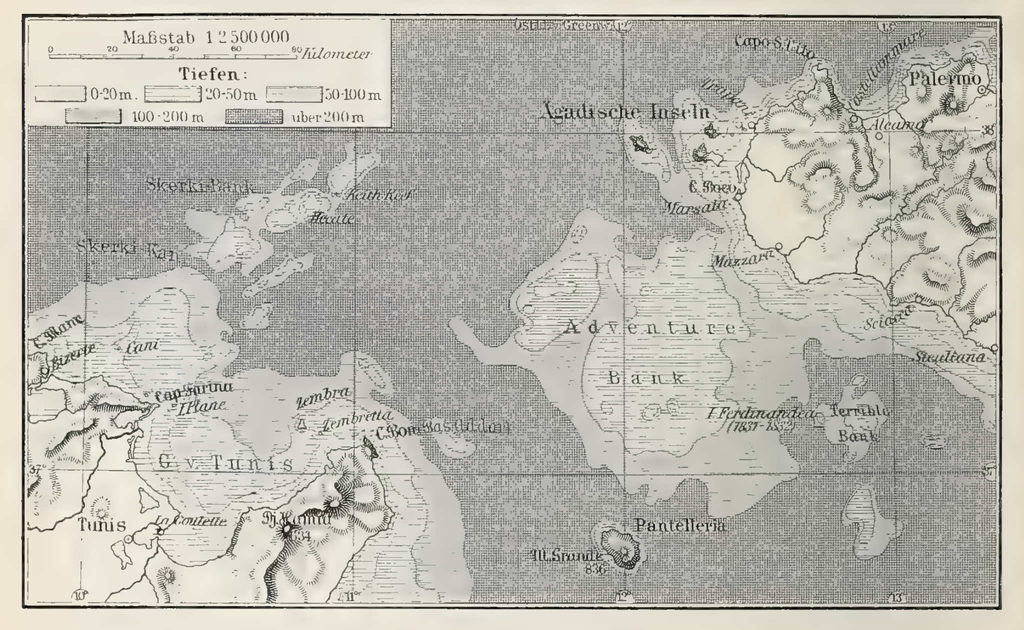
Es wäre kurzsichtig, den Vulkanismus im Meere nur in der Bildung eigentlicher Inseln thätig sein zu lassen. Das sind nur die Höhenpunkte vulkanischer Gestaltungen im Meere. Viel weiter wirken die vulkanischen Auswürfe überhaupt, die weite Räume mit Lava und Asche bedecken und damit die Fundamente künftiger Inseln erhöhen. Wenn, nach Duttons Schätzung, die 1855 vom Mauna Loa ausgeworfene Lavamasse fast genügte, um einen Vesuv aufzubauen, so würde sie in einem seichten Meer auch eine Insel aufgeschüttet haben. Welcher Wirkungen sind nun erst Lavafelder von 100,000 qkm fähig, die in Nordwestamerika an einzelnen Stellen 600—1200 m mächtig sind, so daß sie selbst in ziemlich tiefen Meeren zahlreiche Inseln aufbauen könnten? An vulkanischen Küsten kennt man erhöhte Stellen, wo aus dem Sand und Schlamm des Meeresbodens der vulkanische Felsenboden hervortritt, gleichsam untermeerische Inseln bildend, die oft ungemein reich an Tieren und daher den Fischern wohlbekannt sind; im Golf von Neapel nennt man sie Secca (vgl. die Karte S. 135).

Untermeerische Vulkanausbrüche.

In eigentümlicher Weise ändern sich Vorgänge und Folgen des Vulkanausbruches unter Wasser. Findet dieser in großer Tiefe statt, so werden zuerst nur vertikale Stöße empfunden, welche die Meeresfläche sich heben lassen, und die Geräusche der Explosionen sind nur entfernt hörbar. Ist die Tiefe der Wasserschicht geringer, so sieht man das Wasser sieden und zischen, sich trüben, Dämpfe steigen daraus hervor, Wassersäulen werden aufgetrieben, selbst Feuer mag hervorbrechen; was lebt, geht zu Grunde und schwimmt tot auf der Meeresoberfläche umher unter einer Masse von leichten, schwammigen Auswürflingen, Bimsstein, hohlen Bomben, die explodieren, sobald sie an die Oberfläche kommen. Viele untermeerische Vulkanausbrüche und Inselbildungen gehen unbeobachtet vorüber. Denn dieselbe Kraft, die eine „Inselgeburt“ bewirkt hat, zieht oft die kaum gebildeten Klippen wieder in die Tiefe hinab. Oft wird nur ganz allgemein ein Seebeben festzustellen sein, das in Wirklichkeit die Folge eines Vulkanausbruches war; oft hat man nur eine Flutwelle beobachtet, die auf einen Ausbruch zurückführt. Die große Masse von vulkanischen Auswürflingen jeder Art, die den Boden des Meeres bedecken, spricht für die rege vulkanische Thätigeikt im Meere selbst. Die dichte Ansammlung von Vulkanen um die Ränder des Meeres und auf Inseln ist nur ein Symptom ihrer Verbreitung auf dem Meeresboden.

Große Fluten, durch Vulkanausbrüche oder Beben am Boden oder in den Randlandschaften des Stillen Ozeans verursacht, sind so häufig, daß sie unbedingt küstenumbildend, und

zwar hauptsächlich küstenzerstörend, wirken müssen. Die Steilküsten dieses Beckens sind zum Teil als ihr Werk aufzufassen. Unterseeische Vulkanausbrüche im Stillen und Indischen Ozean waren für Pallas die Ursache der erdumgestaltenden Fluten; so viel bedeuten sie nun für uns nicht mehr. Wer möchte aber leugnen, daß manches von den zahlreichen Erd- und Seebeben, die ihren Sitz am Meeresboden haben, die Folge eines untermeerischen Vulkanausbruches sei? Jedenfalls zeigen die Zusammenstellungen der Nachrichten über untermeerische Vulkanausbrüche, daß solche in allen Meeren und in allen Meerestiefen vorkommen, auf Rücken des Meeresbodens so gut wie in Senken, und daß ihre Verbreitung durchaus nicht streng abhängig ist von derjenigen der Vulkane auf dem Lande, wenn auch die Stellen untermeerischer Ausbrüche sich meist auf



Tiefenkarte der Insel Ferdinandea zwischen Sizilien und Tunis. Nach einer englischen Seekarte.

den Verbindungslinien von Vulkanen oder Vulkangruppen befinden. Zu den bereits oben, S. 115, genannten Beispielen solcher Ausbrüche fügen wir im folgenden noch einige der merkwürdigsten hinzu.

Fast genau zwischen Sciacca und Pantelleria fanden 1831 und 1832 unterseeische Ausbrüche statt, welche die Insel Ferdinandea (s. das obenstehende Kärtchen) oder Giulia erzeugten, die bis zu 700 m Umfang und 70 m Höhe aus lockeren Auswurfsstoffen aufgebaut war. Wieder ein Ausbruch war 1863 zu verzeichnen. Ebenfalls südlich von Sizilien wird vom Jahre 1845 von unterseeischer Vulkanthätigkeit berichtet, einmal südlich von Licata, dann südlich von Siculiana. **Pantelleria** steigt aus 1000 m Tiefe zu 836 m empor. Die Insel ist ganz vulkanisch, hat aber in geschichtlicher Zeit keine Eruptionen gehabt, dagegen fand 1891, 4 km nordwestlich von Pantelleria, ein untermeerischer Ausbruch statt, der zehn Tage anhielt. Ganz vulkanisch ist auch Linosa, südöstlich von Pantelleria. Die die Südküste Siziliens so oft heimsuchenden Erdbebenstöße kommen aus diesem Meere her. Im Gegensatz zu der raschen Vergänglichkeit der Werke der südmittelmeerischen untermeerischen Ausbrüche steht das wenig unterbrochene Wachstum des Lava- und Schlackeneilandes **Iwan Bogoslof** (vgl. die Abbildung S. 163), das 1796 infolge eines sehr starken Ausbruches vor der Aleuteninsel Umenak auftauchte. 1819 war es auf einen Umfang von 30 km gewachsen, später beim Nachlassen der Ausbrüche wieder zurückgegangen, ist aber durch neu auftauchende Eilande 1884 und 1890 wieder vergrößert worden.

Zu den merkwürdigsten Berichten gehört jener des Kapitäns Thayer, der, nachdem er in den zwanziger Jahren des 19. Jahrhunderts höhere südliche Breiten als vor ihm irgend ein anderer, Weddell ausgenommen, durchfahren hatte, nach den Fidschi-Inseln zurückkehrend, in 50° 14′ südlicher Breite und 178° 55′ östl. Länge v. Gr. südlich von Neuseeland ein kleines felsiges Eiland fand, aus dem ein dichter Rauch aufstieg. Bei der Annäherung sah man einen schwärzlichen, vegetationslosen Felsen, der nur einige Fuß über den Meeresspiegel hervorragte und aus Lava und glänzend schwarzem Sande bestand; es war ein an einer einzigen Stelle offener Ring, dessen äußerer Rand rasch zu mehr als 100 Faden Tiefe hinabsank, und aus dessen Spalten der Rauch sich erhob. Als die Matrosen den Rand der von diesem Ringe umfaßten Lagune betraten, fuhren sie erschrocken zurück, denn das Wasser derselben zeigte 68°, und das Meerwasser war noch 7 km vom Rand auswärts beträchtlich wärmer, als der Durchschnitt in dieser Breite sein sollte. Thayer nannte die Insel Bimsstein-Eiland. Pöppig hat diese Angaben dem Logbuche Thayers entnommen, das er selbst prüfen konnte. Er erfuhr 1828 auch von einer neuentdeckten eruptiven Vulkaninsel in 22° südl. Breite und 91° westl. Länge, welche ein von Guayaquil nach den Intermedios fahrendes Schiff entdeckt hatte. 1885 tauchte südwestlich von Tonga eine neue Insel als Folge eines Vulkanausbruches auf, verschwand und erschien wieder 1898. Aus dem australasiatischen Mittelmeer erfahren wir von einer Stelle bei der Sangirinsel Bauna Wuhu, die zeitweilig heiß wird und aufwirbelt; sie könnte die Lage einer untermeerischen Solfatare bezeichnen.

Unter den Meeresteilen, die durch einen Reichtum an vulkanischen Erscheinungen ihres Bodens ausgezeichnet sind, nennen wir die drei Mittelmeere, vor allem die Gegend südlich von Sizilien, wo nicht bloß die oben genannte Insel Ferdinandea entstanden ist, sondern auch an anderen Stellen, unter 37°10′ und 36° 41′, Ausbrüche beobachtet worden sind, ferner die Gegend südlich von Zante in 35° 54′; vielleicht kommen auch in dem erdbebenreichen Gebiet zwischen Kreta und Rhodos Ausbrüche vor. Angaben über eine schwärzliche Wassersäule und ein dampfbedecktes Meer liegen aus dem amerikanischen Mittelmeer aus der Gegend von Guadelupe, weniger sichere Angaben über einen untermeerischen Ausbruch aus der Bahamagruppe vor. Das australasiatische Mittelmeer gehört mit dem südwestlichen inselreichen Stillen Ozean zu den ausbruchreichsten Gebieten der Erde. Im Atlantischen Ozean ist die Gruppe der Azoren reich an Zeugnissen untermeerischer vulkanischer Thätigkeit. Schlackeninseln sind hier mehr als einmal aus dem Meer emporgestiegen und wieder verschwunden. Vielleicht setzt sich dieses Ausbruchsgebiet weiter nach Norden fort, wo der Ausgangspunkt mancher Erschütterung und Flutwelle an der atlantischen Küste der Pyrenäenhalbinsel liegt. Ein anderes Ausbruchsgebiet scheint in den Umgebungen des Sankt Pauls-Felsens unter dem Äquator zu liegen. Auch an der tiefen Außenseite des Inselbogens der Kleinen Antillen haben sich aus den großen Tiefen des Atlantischen Ozeans Stöße vernehmbar gemacht.

Im Stillen Ozean liegen Gebiete häufiger Stöße, die auf untermeerische Ausbrüche hinweisen, zwischen Nordamerika und dem hawaïschen Archipel; eine Kette submariner Vulkane leitet von den japanischen Inseln zu den Bonin und Marianen, dann südlich vom Äquator in das Gebiet der polynesischen Inseln und östlich davon. Das an untermeerischen Ausbrüchen reichste Gebiet scheint aber der von zahlreichen Inselgruppen durchsetzte südwestliche Teil zu sein, in den sich die starke vulkanische Thätigkeit des australasiatischen Mittelmeeres fortsetzt. Das plötzliche Auftauchen einer 20 m hohen Insel in der Blanche-Bai (Bismarck-Archipel), nach Dahl 1878, halten wir nicht für unwahrscheinlich, auch wenn es nicht wissenschaftlich belegt ist. Im allgemeinen ist die Abhängigkeit der Erscheinung im Stillen Meere von dem mächtigen Feuerkreis, der diesen Ozean umgibt, ebensowenig zu verkennen wie ihr Auftreten im Atlantischen Ozean in zwei einander quer durchsetzenden Erschütterungsstreifen. Im Indischen Ozean findet sich ein großes Gebiet untermeerischer Thätigkeit im Bengalischen Meerbusen, an der Außenseite von Sumatra und im australasiatischen Mittelmeer. Zerstreute Stöße kennt man aber auch südlich von Afrika und Madagaskar und sogar in dem inselfreien tiefen Becken zwischen den Maskarenen und Australien. Einer der mächtigsten untermeerischen Ausbrüche fand 1883 gerade hier in etwa 6° südl. Breite zwischen den Chagosinseln und Sumatra statt.

Die größte Ähnlichkeit mit diesen Ausbrüchen hatte eine Inselbildung in dem ganz von Vulkangesteinen umgebenen Ilopango-See (San Salvador). Der See stieg nach einer Reihe von Erdbebenstößen, unter denen in 22 Tagen 600 beträchtliche gezählt wurden, am 11. Januar 1880: 1,2 m über seine mittlere Höhe, worauf heftige Entladungen von seinem Grunde her gehört wurden und am 20. Januar eine Rauchwolke unter starker Erwärmung des Wassers emporschoß. An der Stelle dieses Ausbruches sah man neue Inselchen sich erheben, von denen eins Ende Februar zu einem Aschenkegel von 50 m Höhe geworden war.

Schlammvulkane.

Wenn eine Quelle mit ihrem Wasser zusammen feste Stoffe zu Tage bringt, lagern sich die festen Stoffe am Rande der Quelle ab und bilden einen Hügel, in deren Mitte die Quelle springt. Dieser Hügel hat nun mit einem Vulkan das gemein, daß er das Werk derselben Kraft ist, die durch ihn hindurch ihren Weg an die Erdoberfläche sucht. Daher auch die Ähnlichkeit in der Kegelform, im Krater und in dem Aufbau durch stromartige Ergüsse. So sind die Schlammvulkane Javas nichts als Salzquellen, kalte und laue, die aus Mergelschichten emporsteigen. Manche bilden Kegel, manche nicht; Schlammfelder, in der Hitze polyëdrisch zerklüftend, umgeben sie. Das ist eine besondere Eigenschaft der Schlammvulkane, daß sie dieselbe Erde auswerfen, in der ihre Quellen entspringen. Die Erde speit Erde in gleichmäßigem Flusse aus, sagt schon Solinus von den sizilischen Schlammvulkanen. Bei der großen Mehrzahl der Schlammvulkane spielen Gase als treibende Kraft eine Rolle, da nur bei starker Wärmezufuhr die Triebkraft des Wassers im stande ist, größere Schlammmassen zu bewegen. Schon Pallas hat die nachbarliche Beziehung zwischen Schlammvulkanen und Erdölquellen im Kaspischen Gebiet betont, die auch in Belutschistan beobachtet wurde. Auch werden kleine Schlammvulkane durch organische Zersetzungsgase in dem thonigen, von Grundwasser durchtränkten Boden der Flußdeltas erzeugt.

Das Auftreten von Schlammvulkanen in Salzgebieten hängt ebenfalls mit den Gasquellen zusammen, die so oft mit Solen zusammen entspringen. Als 1846 der Schlammkegel der Salsa von Fondachello in Sizilien, der sich 1795 bei einem großen Schlammausbruch gebildet hatte, zusammenstürzte, trat an seine Stelle eine kohlensäurehaltige Salzquelle. So sind denn endlich auch die Schlammvulkane in Vulkangebieten nur eine Erscheinungsform der Thermen und Gasquellen, die unter der Begünstigung reicher Thonlager entsteht. Ihr Zusammenhang mit den vulkanischen Erscheinungen ist daher nur mittelbar: die Wasser- und Dampfergüsse der Schlammvulkane sind die Folge der Wasser- und Gasmassen, die durch die Wärme der Lava in Bewegung gesetzt werden und zum Teil der Lava selbst entströmen. Man möchte daher mit älteren Beobachtern, wie Pallas, das Wort Schlammvulkane vermeiden, um nicht den Anschein zu erwecken, daß man an die Äußerungen der vulkanischen Thätigkeit erinnern wolle. Gümbel hat das sicherlich viel passendere „Schlammsprudel" vorgeschlagen. Wenn indessen vulkanische Asche zu Schlamm verflüssigt wird oder Gase, Wasserstoff oder Schwefelwasserstoff, aus Schlammquellen Feuer fangen, oder wenn sogar mächtige Blöcke herausgeschleudert werden, dann sind die Übergänge zwischen echten Vulkanen und Schlammvulkanen gegeben. So stellt der Schlamm und Steine auswerfende Vulkan Lokon in Celebes einen solchen Übergang dar und zwar durch die Solfatare, ähnlich der Schlammvulkan auf der australasiatischen Insel Rotti, der sogar Belemniten und andere jurassische Versteinerungen auswirft. Besonders mit niederen, beständig arbeitenden Vulkanen mag man solche Schlammvulkane vergleichen, wie denn schwache, aber anhaltende Thätigkeit überhaupt für die Schlammvulkane bezeichnend ist.

Es gibt vulkanische Regionen, wo man Gasquellen, Thermen, Schlammquellen und Schlammvulkane in allen Übergangsformen sehen kann. Wenn Quellen in thonigem Boden entspringen, nehmen sie Teilchen davon mit und färben sich dadurch trübgrau oder rotbraun. Die Gasblasen machen sich noch ohne Schwierigkeit Bahn, und wir haben eine Schlammquelle. Vermehren sich aber die Thonteilchen, so werden nur in größeren Zeiträumen größere Gasblasen die zähe Masse durchbrechen können und nicht ohne eine gewisse explosive Gewalt. Teile

des Schlammes werden dabei herausgeworfen, kleine Schlammströme fließen über. Endlich mögen festere Thonteilchen den Kanal verstopfen, und es bedarf regelrechter Explosionen der gespannten Gase, um den Pfropfen herauszutreiben: der Schlammvulkan ist fertig. Verwüstungen in dem engeren Bereich solcher Schlammausströmer sind nicht ausgeschlossen. Es gehört zur Natur der Schlammvulkane, daß sie gruppenweise auftreten. Die Kraft genügt nicht zu einem einzigen Ausbruch, sie verteilt sich auf zahlreiche kleine Krater.

Die Landschaft der Schlammvulkane rechtfertigt mehr als ihr Aufbau ihre Annäherung an die Vulkane. Das Erdreich in ihrer ganzen Umgebung ist vegetationslos und manchmal empfindlich heiß, der Thon zudem oft sehr weich, so daß man nur mit großer Vorsicht an den Rand der einzelnen Schlammquellen herankommen kann. Das Ganze macht mit seinen brausenden und sprudelnden Quellen, den zischenden Dampfstrahlen und dem dumpfen, explosiven Geräusch der Gasblasen in den Schlammseen einen unheimlichen Eindruck, der an den eines Vulkankraters in lebhaftem Solfatarenzustand wohl erinnern mag.

Südwestlich von Syrfell in der Nähe der Spitze von Reykianes ist die Erde ganz von Schwefeldämpfen in Thonpfützen „zerkocht". Gunna, der größte Schlammpfuhl Islands, läßt hier beständig blaugrauen Thonbrei aufbrodeln. Auch wo der heiße Boden trocken ist, trägt er kaum die Last eines Menschen. 22 km vom Zentralkrater des Ätna liegt die Salinella von Paternò, eine leicht geneigte Thonfläche von etwa 3 qkm, aus der an verschiedenen Stellen Salzwasser und Gase hervorquellen. Diese Ausflüsse verwandeln sie im Winter in einen Sumpf, im Sommer bedeckt sie sich mit einer salzigen Thonkruste. Nach der Eruption von 1865 quollen in diesem Sumpfe plötzlich nach einem Erdbeben, das Paternò erschüttert hatte, Massen heißen Wassers bis zu 46° hervor, und Gase, zumeist Kohlensäure, stiegen in großen Blasen auf. Das Ganze verwandelte sich in einen dampfenden See, und heißer Schlamm ergoß sich verwüstend über die Umgebungen. Schlammkrater von 2 m Durchmesser öffneten sich, und Schwefelwasserstoffgeruch erfüllte die Luft. Nach kurzer Zeit war die Ruhe wieder eingetreten. Weiterhin liegt auf einer Linie, die den Ätnagipfel mit den Makaluben von Girgenti verbindet, die Gruppe der Schlammvulkane von Terrapilata und Xirbi bei Caltanisetta. Diese Makaluba bei Girgenti sind Schlammhügel von 49 m Höhe, aus denen Schlammströme sich ergießen. Die größten Schlammvulkane liegen auf der Halbinsel Baku, wo man Hunderte von kleinen und 30 große zählt. Unter ihnen ist der Osman Dagh 300 m hoch, und der Krater des 150 m hohen Agh Sibir hat 900 m Durchmesser. Aus den mit Erdöl und anderen bituminösen Stoffen gesättigten jungtertiären Schichten brechen Gase hervor, die Sand und Schlamm vor sich hertreiben; Erdbeben, Spaltenbildungen und Feuererscheinungen durch Entzündung ausströmenden Kohlenwasserstoffes sind bei den Ausbrüchen dieser Schlammberge nicht selten. Auf der Halbinsel Taman liegen Schlammvulkane, die Stickstoffe aushauchen, ebenfalls in einem mit Kohlenwasserstoff geschwängerten Tertiärgebiet. Und auf einen neugebildeten Schlammvulkan hat man wohl das plötzliche Auftauchen einer Insel, drei Seemeilen von der Halbinsel Apscheron entfernt, im Kaspischen See zu deuten, deren Boden aus erhärtetem Schlamm bestand. Ein 1895 in 38° 13′ nördl. Br. südöstlich von Lenkoran gebildeter „unterseeischer Vulkan" mit einer Krateröffnung von nur 6 m ist wohl auch als Schlammvulkan zu erklären.

Naheverwandt mit diesen Erscheinungen sind pseudovulkanische, die durch den Austritt brennbarer Gase hervorgerufen werden. Starke Schwefelwasserstoffentwickelungen, die mit blauer Flamme brennen, sind bei Erdfällen nicht selten. In Kolumbien (Südamerika) nennt sie der Volksmund „Volcan"; sie kommen dort bei großen Erdrutschungen durch Erwärmung schwefelkieshaltigen Bodens in vollkommen nichtvulkanischem Gebirge vor.

Die Masse der vulkanischen Auswürfe.

Die dauernden Wirkungen sind für eine geographische Betrachtung das Wichtigste an den Vulkanausbrüchen, denn sie graben neue, bleibende Züge in das Antlitz der Erde. Die Zahl der Vulkanberge und Vulkaninseln geht in die Hunderttausende. Ebenen sind durch derartige Umwälzungen in Hügelländer, Hügelländer in Gebirge, Gebirge in Hochebenen verwandelt

worden. Im Meere sind Inseln entstanden, wo tiefes Wasser war. Dutton schätzt, daß der einzige Mauna Loa, der durchschnittlich alle acht Jahre einen Ausbruch hat, durch einen mäßigen Ausbruch mehr Masse auswerfe, als der Vesuv seit der Zerstörung Pompejis ausgeworfen hat, und daß die 1855 ausgeflossenen Lavamassen für sich allein nahezu genügt hätten, einen Vesuv aufzubauen. Und doch bedeckt der Vesuv 200 qkm. Lavaströme von 80 km Länge, 24 km Breite und an einigen Stellen 230 m Dicke sind in Island, von 100 km Länge auf Hawaï geflossen. Die alten Laven, die in Südindien eine Fläche von 400,000 qkm bedecken, haben 300 m tiefe Thäler ausgefüllt, und die das Relief ihres Landes ganz verhüllenden Laven des Columbiabeckens im Nordwesten von Nordamerika bedecken über 500,000 qkm bei einer Mächtigkeit von 600 bis 1200 m. Dagegen verschwindet die gewaltige, in manchen Teilen völlig ungangbare Steinwüste des syrischen Haurân, die 10,000 qkm bedeckt, und noch mehr die für ihre Gebiete so wichtigen Ergüsse des Ätna von 1886 mit 65 qkm und des Vesuvs von 1891—94 mit 1,4 qkm.

Albrecht Penck hat die Masse der jährlich ausgeworfenen vulkanischen Gesteine für die Gegenwart auf 10 Kubikkilometer veranschlagt: halb Laven, halb Aschen. Der Krakatoa-Ausbruch allein hat 1883: 18 cbkm geliefert, und die Lakisspalte auf Island soll 1783 über 12 cbkm ausgeworfen haben. Vielleicht haben aber frühere Perioden der Erdgeschichte viel größere Ausbrüche gesehen. Sie haben allmählich große Teile einzelner Länder und Inseln vulkanisch überschüttet, so mehr als ein Viertel von Java. Die tertiären Basaltfundamente der Inseln des nördlichen Atlantischen Ozeans: Islands, der Färöer, des nördlichen Irland und der Hebriden haben höchstwahrscheinlich mitsamt ihrer Basaltdecke, die stellenweise 3000 m Mächtigkeit erreicht, einst eine zusammenhängende Masse gebildet. Vielleicht sind noch das basaltüberflossene Disko vor Grönlands Westküste in 70° nördl. Br. und die ostgrönländische Sabine-Insel hinzuzurechnen. Auch die Franz Josefs- und Neusibirischen Inseln sind ähnlich gebaut.

Wenn man liest, daß Vesuvasche bis Konstantinopel, Asche vom Temboro auf Sumbawa bis Benkulen auf Sumatra (1700 km), Islandasche bis Norwegen geflogen ist, und daß die Krakatoaasche als fühlbarer Niederschlag eine Fläche von 750,000 qkm bedeckt hat, daß eine Schicht vulkanischer Asche von durchschnittlich 13 cm Dicke, die viele Jahrhunderte alt sein mag, im ganzen Becken des oberen Yukon, Pelly und Lewes liegt, möchte man glauben, die Masse der lockeren Auswürfe müsse größer sein als die der Laven. Aber ihre Fernwirkungen dürfen nicht über die Dünne ihrer Schichten und ihre Lockerheit täuschen. Wir glauben nicht, wie Brückner, daß die lockeren Auswurfsmassen „vielleicht sogar größer" seien als die der Laven, halten das sogar für mechanisch unmöglich. Die Asche entsteht erst aus Lava und zwar unter Umständen, die den Lavaerguß vermindern; in den meisten Fällen fließt aber die Lava unter Bedingungen, die ihrer Natur nach groß und ausgebreitet sind, einfach als Lava aus.

Daß die von Vulkanen ausgehauchten Gase sich zu gewaltigen Mengen summieren, steht außer Zweifel, aber Zahlen dafür anzugeben ist unmöglich. Fouqué hat versucht, die Massen des Wasserdampfes bei Vulkanausbrüchen zu schätzen, und erhielt allein bei dem Ätna-Ausbruch von 1865: 2 Mill. cbm. Auch heiße Quellen gehören zu den Erzeugnissen der vulkanischen Thätigkeit, und unter ihnen bauen besonders die kieselsäurehaltigen mächtige Sintermassen auf. Island hat allein 120 Thermengruppen. Die Thermen in der engsten Verbindung mit dem Vulkanismus zeigt auch der Aufbau des Ries, wo wir große Lager von Sprudelkalk über den vulkanischen Tuffen finden; noch heute sind dort Thermen thätig. Wenn Kohlensäurequellen in der Umgebung von Vulkanen am häufigsten sind, so kommen doch viele andere Gase

in den Aushauchungen der Vulkangebiete vor. Schwefelwasserstoff, Chlorwasserstoff, Sumpfgas gehören zu den häufigsten. Der Quelle Acqua Santa bei Catania entsteigen in Zwischenräumen von 4—10 Minuten Gase, die zu mehr als 90 Prozent aus Stickstoff bestehen. Die mineralbildende und -umbildende Wirkung dieser heißen Wasser- und Dampfquellen ist natürlich groß.

Die Bereicherung der Erdoberfläche mit neuen Gesteinen.

Die vulkanische Thätigkeit bedeutet auch eine Bereicherung der Erdoberfläche mit neuen Gesteinen, die unter der Wirkung der Luft und des Wassers zu Erde zerfallen. Nicht bloß darin liegt die Bedeutung dieser Veränderung, daß der Erdboden vermehrt, erhöht, sondern auch darin, daß er stofflich verändert wird. Die vulkanischen Kräfte bringen neue Stoffe an die Oberfläche der alten Erde herauf, und wenn es auch Jahrhunderte braucht, bis ein Lavastrom verwittert, so bietet er dafür nach Jahrtausenden einen um so fruchtbareren Boden. Rascher wird natürlich in dieser Beziehung die Asche verwertet. Die Fruchtbarkeit Kampaniens und der griechischen Vulkaninseln und besonders die Dauer dieser Fruchtbarkeit ist gewiß hauptsächlich der immer sich erneuenden Mineraldüngung durch vulkanische Asche mit ihren Kalk- und Natronsalzen zu danken. Seitdem Krakatoaasche in einigen Gegenden der Südküste von Java abgelagert wurde, sind dieselben fruchtbarer geworden. In Java ist der Tuff überall fruchtbarer, schon weil besser bewässert, als der tertiäre Kalkboden. Übrigens sorgt die vulkanische Thätigkeit selber für die Beförderung der Verwitterungsvorgänge, denn die Gasquellen, die Thermen, die Erschütterungen, Zerklüftungen erschließen die Gesteine, und die neuaufgetürmten Berge liefern das Gefäll zu ihrer Zerkleinerung. Auf flachigen Lavaströmen Hawaïs sind durch die herabstürzenden Felsblöcke, durch Wind und Wasserwirkung die scharfkantigen Trümmer zu runden Kieselsteinen abgeschliffen.

Die vulkanischen Gesteine verwittern nicht alle gleich rasch. In Island ist der 120 km lange Lavastrom des Skjaldbreit unverwittert, und ein altes Lavafeld von 5500 qkm zwischen Vatna Jökull und Myvatn ist noch gänzlich unbewohnt. Natürlich bedingt diese langsame Verwitterung die Verschiedenheit in der Fruchtbarkeit des vulkanischen Bodens. Welcher Gegensatz zwischen Vesuvlaven, die nach 100 Jahren begrünt und bebuscht sind, und der nach 600 Jahren noch toten, scharfklippigen letzten Lava des Epomeo auf Ischia. Nur wo die Niederschläge so reichlich sind und die Sonne so kräftig wirkt wie auf der Wetterseite der hawaïschen Inseln, scheint die Zersetzung über jede Varietät von Lava die Herrschaft zu erlangen. Und in den Tropen ergreift die Lateritbildung (s. unten, Kap. 5) auch die vulkanischen Gesteine, besonders Tuffe und Konglomerate.

Die Aschenteile kitten durch ihre löslichen Bestandteile zusammen und bilden Tuff. Es gibt Tuffe von staubfeinem Korn und Tuffe, die aus groben und feinen Stücken zusammengesetzt sind. Die Lapilli sind oft so gleichmäßig gesichtet, daß sie, zu Tuff zusammengebacken, einen Pisolith, Erbsenstein, bilden. Zerriebener Bimsstein liefert einen feinen Tuff, den man am Mittelrhein Traß nennt; er erfüllt das Brohlthal in der Eifel 30 m hoch.

Da die Grundmasse aller festen vulkanischen Auswürfe, ob Lava, Lapilli, Asche oder Tuff, immer auf ähnliche Gesteine zurückführt, lassen sich auch die vulkanischen Gesteine mit einigen allgemeinen Worten bezeichnen. In ihrer Zusammensetzung spielt die erste Rolle die Kieselsäure; sie ist zu 50—75 Prozent vertreten. Daran schließen sich Thonerde, Kali-, Natron- und Magnesiasalze und das farbgebende Eisen. Es sind also in der Regel in der Lava alle Vorbedingungen zur Bildung eines guten Pflanzenbodens gegeben, wobei besonders zu beachten ist, daß sie selten

reinen Quarz enthält, also keinen sterilen Sand liefert. Die Reihenfolge der vulkanischen Gesteine ist im allgemeinen so, daß die kieselsäurereicheren früher auftraten als die mehr basischen. Früher waren Granit und Syenit die vorwiegenden Eruptivgesteine, so wie es Basalt und Andesit in der letztverflossenen geologischen Periode wurden, denen noch ärmere Laven gefolgt sind. Und unter den Laven eines und desselben Berges finden wir dann wieder große Unterschiede des Kieselsäuregehaltes; die Sommalava ist kieselsäurereicher als die Vesuvlaven. Doch gibt es auch Vulkane, in denen beiderlei Laven wechseln; so wirft der Hekla trachytische und basaltische Laven aus. Von diesen Unterschieden abgesehen, blieben die Erzeugnisse und Vorgänge des Vulkanismus im großen und ganzen dieselben von der präkambrischen Periode bis zur Gegenwart. Kompakte Kalke sind in der Nähe der Vulkangesteine grob geschiefert, andere in den schönsten körnigen Marmor verwandelt. Die eindringenden Dämpfe der kieselsäurereichen Lava haben in Drusen dieser umgeänderten Kalke die herrlichsten Mineralien auskristallisieren lassen.

Vulkanische Länder, besonders jungvulkanische, erweisen sich in zwei hydrographischen Eigenschaften als echte Aufschüttungsländer: sie sind seenreich, und ihre Wasserscheiden und Flußsysteme sind verworren. Vulkanische Wälle zerlegen das Hochland von Anahuac in eine Anzahl länglicher Becken, die man herkömmlich als Thal von Mexiko, Thal von Toluca bezeichnet, in demselben Sinne, in dem neuere Geographen vom Thal von Puebla sprechen; in jedem von diesen Thälern liegt ein oder liegen mehrere Seen oder sind Spuren alter Seenbildung vorhanden. Die Seen Italiens sind südlich von den Alpen fast nur vulkanisch. Die Zahl der Maare und anderer vulkanischen Becken, die Seen enthalten, ist nicht zu schätzen. Am Lemonggan auf Java sind von 50 parasitischen Vulkanen nicht weniger als 10 mit Seen gefüllt. Ferner hemmen Lavaströme und Tuffaufschüttungen auch die natürliche Entwickelung der Flüsse; so ist der Tiber durch sie gestaut, versumpft und nach Westen abgedrängt worden.

Beim Ausbruch des Tarawera auf Neuseeland am 10. Juni 1886 wurden die kleinen Seen Rotomahana (vgl. die Abbildung, S. 118) und Rotomakariri an seinem Fuß in die Luft geschleudert und an ihrer Stelle eine große Senke gebildet, die sich langsam mit Wasser füllte. Das Wasser des neuen Rotomahanasees war in den ersten acht Jahren um 130 m gestiegen. Eine nordöstlich gerichtete, streckenweise mit Vulkankratern bedeckte Spalte zieht mitten durch den See.

Wo zerklüftete Lavafelder und poröse Tuffe liegen, sickert das Wasser in den Boden: karstähnlich dürres Land oben, einzelne mächtige Quellen unten. Auf der ganzen Hochfläche des Mauna Loa ist kaum ein lebendiger, wenn auch noch so schmaler Bach zu sehen. Die Niederschläge sind zwar reichlich, aber es ist, wie wenn man Wasser auf einen lockeren Kieshügel gösse: es versinkt, und am Meeresrand und zum Teil unter dem Meeresspiegel brechen dafür mächtige Quellen süßen Wassers hervor. An manchen Stellen tauchen die Eingeborenen und füllen verschließbare Gefäße auf dem Meeresgrund. Auch sollen Süßwasserfische an solcher Stelle gefangen werden. In Ostafrika haben die scheinbar abflußlosen Seen Baringo und Naiwascha süßes Wasser, dank den unterirdischen Abflüssen in dem vielzerklüfteten vulkanischen Gestein. Charakteristisch für die Beschaffenheit der Hochebene Nordkaliforniens, in der die Flüsse Klamath und Pit ihren Ursprung nehmen, sind die „Lavabeds" und „Lost Rivers", furchtbar rauhe, stromartig ergossene basaltische Lavamassen, die durchschnitten sind von netzähnlich verzweigten Rinnen und Kontraktionsspalten und auf weiten Strecken so wasserarm wie eine Karstlandschaft. „Es ist die ‚Trachonitis' der Neuen Welt. Wie in der palästinensischen Trachonitis — das südlich von Damaskus gelegene Lavafeld — die Drusen gegen eine zwanzigfach größere Zahl von Türken ihre Freiheit verteidigten, so kämpften 1873 die Modok in ihrer rauhen vulkanischen Heimat gegen eine numerisch überlegene amerikanische Truppenmacht ihren Todeskampf." (Vom Rath.)



La Paz und der Illimani in den Anden Bolivias.

Nach A. Thouar.

Die vulkanische Landschaft.

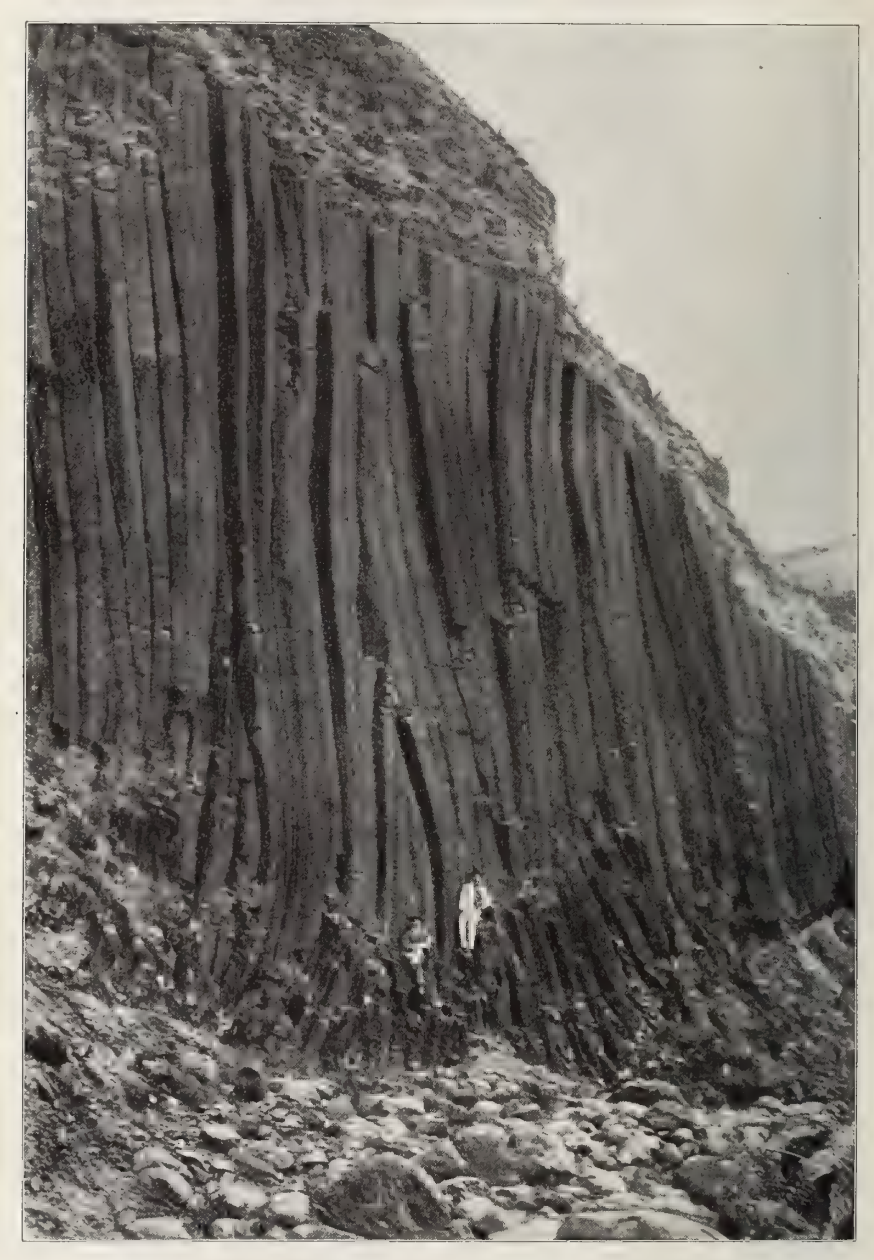
Die vulkanische Landschaft führt uns in die Vorzeit der Erde zurück. Sie hat für den, der der Geschichte der Erde nicht unkundig ist, einen großen historischen Zug. Die dunkeln Vulkankegel und Lavaströme wirken wie Erzählungen der Vorzeit auf uns ein. Wer hat nicht das im tiefsten Sinne Historische dieser Landschaft im Anblick der vulkanischen Albanerberge empfunden, die eine reine Naturkraft aussprechen, an ihren stillen Kraterseen eine geheimnisvolle Einsamkeit bergen und dazu im Fernblick die Türme Roms zeigen?

Der thätige Vulkan läßt uns erdbildende Kräfte an einer Arbeit sehen, die uralt, aber nicht die alltägliche ist. Aber noch tiefer ist der eigentümliche Eindruck der absoluten Stille, wie sie der Schauplatz und das Erzeugnis mächtigster vulkanischer Wirkungen, wie ein Aconcagua, ein Illimani (s. d. beigeheft. Taf. „La Paz und der Illimani") ein Kilimandscharo, im Zustande der Erloschenheit bietet: keine Dampfquelle, keine Spalte, vielleicht nicht einmal eine Therme. Auf den Lavafeldern, so eigenartig sie sind, beschleicht uns die Erinnerung an das Meer, an die Wüste oder an das arktische Eis. Sie haben Größe, Feierlichkeit, Öde und vor allem die Monotonie gemein. Es gibt auch formenreiche vulkanische Landschaften. Von dem alten Kloster Camaldoli in Neapel, das selbst auf einem alten Kraterrand steht, umfaßt unser Blick von 450 m Höhe herab den Doppelberg Somma-Vesuv, den gebrochenen Krater des Epomeo, den regelmäßigen Kegel des Monte Nuovo, kreisrunde Krater, die mit Wald und Seen gefüllt sind, Solfataren, Thermen, Gasquellen und alle Gattungen vulkanischer Gesteine in allen Stufen und Farben der Zersetzung. In der vulkanischen Landschaft des Ätna, der Minahassa, Aucklands und mancher anderen kommen zu den thätigen Vulkanen, Solfataren und heißen Quellen noch die Schlammvulkane. Aber selbst über diesem Reichtum schwebt ein Zug von Einförmigkeit; er liegt im Gestein und seiner Zersetzung, in den Kraterformen und in den Formen und Farben der aus der Erde strömenden Dämpfe.

In der vulkanischen Landschaft ist sehr wirksam die Wechsellagerung harter Lavafelsen und weicher Aschen, die zu lockeren Sandsteinen zusammengesintert sind: ein großer Zug. Tuff gibt sanfte Böschungen, Lava baut steile, klippenumragte Hänge. Die Laven sind oft in Säulen geteilt, der Tuff ist in Hügel- und Mauerform verwittert. Einer einsamen Naturlandschaft, wie der, durch die der Columbia, der Grenzfluß zwischen Washington und Oregon, fließt, geben solche Basaltsäulen und Tuffmassen etwas wie einen historischen Schimmer. Die Profile ausgedehnter Lavadecken fassen meilenweit bei The Dalles den Columbia ein: Säulen von 5 m Höhe und 1 m Dicke. Durch die Oberstadt von Dalles selbst ziehen sich diese Kolonnaden. Diese Säulen bilden im Hochwasserbett des Columbia ein prachtvolles polygonales Steinpflaster, in das die Rinne des Niederwassers als ein schmaler Kanal eingeschnitten ist. Soweit das Hochwasser reicht, ist der Basalt rost- und erdfarben, darüber steht er schwarz. Hervorragende Gruppen von Basaltsäulen bilden zahllose Inseln und Klippen. An den Gehängen werden Steilstufen durch die Profile fester Doleritlager, sanftere Böschungen durch vulkanische Tuffe gebildet. Dieser Wechsel zwischen den meist als Säulenwände sich darstellenden Doleritdecken und den weit mächtigeren Tuffen bildet den charakteristischen Zug der Landschaft. Weißer Sand, Zerfallprodukt des Tuffes, begleitet in langen Dünenhügeln den Strom.

Auf den Höhlenreichtum vulkanischer Gebiete haben wir schon früher hingewiesen (vgl. die Abbildung S. 127). Auf Hawaï sind solche Höhlen mit Lavastalaktiten ausgeschmückt, die zu den Sonderbarkeiten der Natur gehören: pfeifenrohrdünne, verflochtene und verwickelte Lavasträhne,

vielleicht das Erzeugnis einer Umkristallisierung der Lava durch überhitzte Dämpfe. Lavaströme, die durch Verwitterung und Zerfall halb zerstört, zum Teil von Vegetation bedeckt sind, erinnern



Basaltrücken bei Taganana, Insel Tenerife. Nach Photographie.

durch die großen Blöcke, die regellos über sie hin zerstreut sind, an erratische Bildungen. Erkaltende Laven haben zusammenziehend sich in fünf- und sechsseitige Säulen geteilt, die oft von kristallhafter Regelmäßigkeit sind (s. die obenstehende Abbildung). Sie entstehen am leichtesten in

basaltischen, ausnahmsweise auch in obsidianischen Laven. Die in den Säulenbasalt gebrochene Höhle von Staffa an der schottischen Küste ist berühmt. Am Baulaberg auf Island kommen fingerdicke Basaltsäulen vor, an anderen Stellen haben einzelne 3 m Durchmesser. In großer Masse auftretend, greifen sie in den Aufbau der Gebirge ein und schaffen seltsame Landschaften. Treffend nennen die Chilenen die merkwürdigen Felsarchitekturen der südlichen Anden aus 20 bis 25 m hohen Basaltsäulen Vigneria, d. h. Gebälk.

Während diese Bildungen bei Staffa und den Nachbarinseln im Niveau des Meeres liegen, ziehen sie am Columbia horizontal übereinander bis zu mehreren tausend Fuß über dem Strome hin. „Werden die Kolonnaden überlagert von festen Konglomerat- oder unregelmäßig abgesonderten Basaltmassen, so bilden diese ein kolossales Berggesims, da die Säulen sich lösen,



Ometepe und Madera, Inselvulkane des Nicaraguasees. Nach Photographie. Vgl. Text hier und S. 164.

neigen und stürzen. Zu den seltsamsten Felsgestaltungen gehören hier vertikale Säulengruppen, über denen gleich einem vorragenden Dach eine Kappe von plattig oder schuppig abgesondertem Basalt ruht. Färben gelbe Flechten das Dach, so glaubt man einen strohgedeckten Säulenbau zu sehen.“ (Vom Rath.) Zerfallend bilden die Säulenlaven Felsenmeere, wie wir sie in der Rhön und der Eifel finden.

Die enge Verbindung zwischen Vulkanen und Wasserflächen kommt auch in den Landschaften zur Geltung. Der Kegelberg und die Wasserlinie, über die er sich langsam erhebt, der Krater, der sich dunkel über dem leuchtenden Wasserspiegel öffnet, sind bezeichnende Gegensätze. Ein See mit einem Vulkankrater oder Vulkankegel in der Mitte ist eine nicht seltene Erscheinung. Typisch ist der Nicaraguasee mit dem Ometepe (s. die obenstehende Abbildung), der Baringo mit seiner Kraterringinsel, der Rudolfsee mit der sechzehnkraterigen Höhnel-Insel.

Die Farben des Vulkanismus sind vorwaltend düster und zum Teil grell. Vulkane treten mit dem Braun der Lava, die eben zu verwittern beginnt, mit dem Graubraun der Aschenlager und mit dem oft tiefen, tintenhaften Schwarz der frischgeflossenen Lava aus jeder

Landschaft ernst hervor. Sie sind immer dunkler als andere Berge. Die höheren Teile von thätigen Vulkanen sind auch selbst in den Tropen, wo die Pflanzendecke sich so rasch erneuert, von einem ernsten Braun. Die Rauchwolken, die einem schlummernden Vulkan entsteigen, sind bräunlich und hüllen den Kratergipfel, um den sie bei ruhiger Luft wie ein lang hinauswehender Schleier ziehen, in einen lichtbraunen Duft. Ein hellgrauer Schatten über einer sonnigen Landschaft, zu dünn für Wolken und selbst für Höhenrauch zu leicht, vom oberen Passat in einen langen Schleier ausgezogen: so zeigt sich ein schwacher Aschenregen, der Monate währt. Wächst die Thätigkeit des Vulkans, so vertieft sich das Grau und Braun des Rauches, und



Vulkanische Landschaft: Das Siebengebirge. Nach Photographie.

wenn ein Aschenauswurf eintritt, färbt er sich fast schwarz. Man sieht dann die weißen Dampfwolken sich durch diese aschegefüllten Luftschichten hindurchwälzen und über sie hinaustürmen. Wo Lava fließt, qualmen dicke Dämpfe häßlich gelbgrau von der Versengung der Pflanzen und der heißen Berührung mit dem feuchten Erdreich auf.

An den Kraterwänden und um die Fumarolen schlagen sich die Chlor- und Schwefelverbindungen der verschiedensten Salze nieder. Lavakegel sind am oberen heißesten Teil hell isabellrot, stellenweise auch lebhaft grün und bläulich, tiefer unten gelb, und zwar rotgelb bis grüngelb, alles von Chlor- und Schwefelverbindungen des Eisens und Kupfers. Auch gelbliche und grünliche Dämpfe sieht man hier entweichen. Ausblühende Salze werfen einen weißlichen Schimmer über die Lavaschollen. Der Gipfel des Demawend ist kreideweiß. Stücke von bernsteingelbem Schwefel liegen dort in Menge umher, und die höchsten Klippen erglänzen „gelbgrünlich in

fast reinen Schwefelwänden". (Kotschy.) Der Eindruck, den ein solcher mit stechenden Dämpfen, mit Schwefelkrusten und Salzen erfüllter und bunt bekleideter Krater auf die Phantasie macht, ist in hohem Grad ergreifend. Die Alten glaubten sich an solchen Stellen an den Pforten der Unterwelt und nannten daher den Krater der Solfatara Forum Vulcani, und ganz entsprechend nennen die Japaner die Solfataren O-Jigoku, Hölle, und ihre Priester haben daneben Tempel errichtet.

Die vulkanische Landschaft gehört zu den einheitlichsten. Ihre Linien kehren in allen Teilen der Erde wieder, und nur ihre Farben verdeckt in den Polargebieten das Weiß des Firnmantels. „Wo dem Seefahrer nicht mehr die alten Sterne leuchten, in Inseln ferner Meere, von Palmen und fremdartigen Gewächsen umgeben, sieht er in den Einzelheiten des landschaftlichen Charakters den Vesuv, die domförmigen Gipfel der Auvergne, die Erhebungskrater der kanarischen und azorischen Inseln, die Ausbruchsspalten von Island wiederkehrend abgespiegelt; ja ein Blick auf den Begleiter unseres Planeten, den Erdmond, verallgemeinert die hier bemerkte Analogie der Gestaltung." (A. von Humboldt.)

Neptunisten und Vulkanisten.

Der Vulkanismus wirkt aus dem Erdinneren heraus. Um diesen Vorgang zu verstehen, muß ich mich also in das Innere der Erde versetzen, und mein Verständnis hängt von der Vorstellung ab, die ich mir von diesem Erdinneren mache. Die Neptunisten faßten den Erdball als einen durchaus festen Körper auf; sie führten daher die Vulkane auf brennende Kohlenflöze oder Erdöllager, ein späterer Ausläufer sogar auf die brennenden Metalle der Alkalien zurück. Den Vulkanisten oder Plutonisten war die Erde ein Feuerball mit dünner Erstarrungskruste, und jeder Vulkan erschien ihnen als Zeugnis der nimmer ruhenden Reaktion des Erdinneren gegen diese Kruste. Sie betrachteten die Vulkane mit A. von Humboldt als intermittierende Quellen glühendflüssiger Gesteine, die ihren Urquell in der mächtigen inneren Wärme haben, die der Planet seinem ersten Erstarren, seiner Bildung im Weltraum, der kugelförmigen Zusammenziehung dunstförmiger, in Wirbeln kreisender Stoffe verdankt. „Vulkanismus im weitesten Sinne: Erscheinungen, die von der Reaktion des inneren, flüssig gebliebenen Teiles eines Planeten gegen seine oxydierte und durch Wärmestrahlung erhärtete Oberfläche abhängen", sagt A. von Humboldt in der Einleitung zu den Vulkanen des Hochlandes von Quito.

Viel hat sich an der Auffassung des Erdinneren geändert, seitdem die Neptunisten und Plutonisten einander in heißem Streite gegenüberstanden. Aber die Ursache der vulkanischen Erscheinungen ist auch uns die Reaktion eines flüssigen Erdinneren gegen die Erdoberfläche. Der Unterschied liegt im unbestimmten Artikel. Wir sehen in den glühendflüssigen Gesteinsmassen der Vulkanauswürfe nicht das Erdinnere, uns ist der Lavaausbruch keine „Erdblutung". Dazu ist die Thätigkeit der Vulkane viel zu sehr örtlich bedingt und beschränkt, dazu ist ihre Rolle in der Geschichte der Erde viel zu passiv. Dazu sehen wir am Ende auch zu deutlich die Merkmale einer frühen Erschöpfung der Kräfte und Massen, die bei einem Ausbruch ins Spiel kommen. Die langen Zeiträume zwischen großen Ausbrüchen machen nicht den Eindruck, als ob der Vulkanismus aus einem zusammenhängenden flüssigen Erdinneren schöpfte, das praktisch unausschöpfbar wäre. Vielmehr sehen wir, es braucht Zeit, damit ein kräftiger Ausbruch zu stande komme. Jahrhunderte der Vorbereitung gehen ihm voraus, und eine lange Ruhezeit folgt ihm, in der selbst mächtigste vulkanische Herde, wie der Kilimandscharo, keine einzige Regung mehr zeigen,

nicht einmal in einer Dampfspalte. Gerade diese an Geisirquellen erinnernde Periodizität ist eine Grundeigenschaft des Vulkanismus, die man bei seiner Erklärung im Auge behalten muß.

Wenn wir die vulkanische Thätigkeit neben den übrigen geologischen Veränderungen betrachten, so fällt uns eine ebenso große Ungleichheit in der Verteilung vulkanischer Äußerungen über Gebiete, die geologisch ruhig sind, wie über die geologischen Zeiträume auf. Große Gebiete mit ungestörtem Schichtenbau sind seit ältesten Zeiten vulkanfrei, so Nordosteuropa und der Osten beider Amerikas, andere, wie die drei Mittelmeere und die Randgebiete des Stillen Ozeans, sind seit langen geologischen Zeiträumen von vulkanischen Ausbrüchen so oft und so ausgedehnt erschüttert worden, daß sie ohne diese Ausbrüche und ihre Werke gar nicht mehr zu denken sind. Ebenso sind in den geologischen Formationen einzelne auffallend vulkanreich, wie das Mitteldevon, das Rotliegende, das Oligocän; und dazu ist auch die Gegenwart zu rechnen. Die lange mesozoische Zeit ist vulkanarm und bedeutet für einzelne Gebiete, wie England, eine Periode absoluter Ruhe. Auch dieser Umstand weist nicht auf eine allgemeine Quelle der vulkanischen Kraft hin, die überall und immer sich gleich thätig erweisen müßte. Anderseits weist die Wiederholung der Ausbrüche in gleichen Gebieten durch lange geologische Zeiträume, während die Erdrinde oberflächlich große Veränderungen erfuhr, auf Ursachen der Ausbrüche hin, die unabhängig von den geschichteten Formationen mit ihren mehr oberflächlichen Störungen sind.

Die örtliche Bedingtheit der vulkanischen Thätigkeit.

Die Grundlage jeder Theorie des Vulkanismus muß die Anerkennung des örtlichen Charakters der vulkanischen Äußerungen sein. Sie schließt den tiefen Zusammenhang nicht aus, der durch die Gleichzeitigkeit „herdverwandter" Ausbrüche auf einer Linie genügend bestätigt wird. Vielmehr ist das Zusammengehen örtlicher und allgemeiner Eigenschaften bezeichnend. Sind doch an demselben 20. Januar 1835 Osorno, Aconcagua und Coseguina thätig geworden, die auf einer Linie von 5500 km liegen. Zwischen dem Vesuv und den phlegräischen Nachbarvulkanen besteht Wechsel der Thätigkeit. Als der Vesuv vom 12. bis ins 17. Jahrhundert nahezu ruhte, waren die Solfatara von Pozzuoli, der Epomeo auf Ischia thätig, und 1538 wurde der Monte Nuovo bei Pozzuoli aufgeschüttet. Anderseits hatten Ätna und Vesuv 1885 Ausbrüche, und der Stromboli verstärkte gleichzeitig seine Thätigkeit. Selbst die scheinbar ganz unvermittelte Explosion des Bandai von 1888 fand bald darauf im Nachbarberg Azumasan ihr Echo. Auch an die einander ablösenden Ausbrüche der kamtschadalischen Vulkane Kljutschewskaja und Schiweljutsch ist zu erinnern sowie an jene langsame Verschiebung der vulkanischen Ausbrüche auf dem Hochlande von Quito von Norden nach Süden, die von A. von Humboldt festgestellt wurde. Wiederum sind Mauna Kea und Mauna Loa fast ein Berg, und doch waren von neun Ausbrüchen, die seit 1832 jeder von den beiden hatte, nur drei gemeinsam.

In den Jahren 1865—67 waren allerdings alle mittelländischen Vulkane in Thätigkeit, aber es flossen auf dem engbegrenzten Gebiete vier verschiedene Laven, jede verwandt den früheren Laven desselben Gebietes. Die Laven des Ätna von 1865, des Santorin und des Vesuvs von 1866 und die kleinen Ergüsse des Stromboli blieben alle untereinander verschieden. Selbst die vier Krateröffnungen des Stromboli sind in ihren Ausbrüchen nicht gleichzeitig. Dann verknüpft aber wieder eine ausgesprochene Verwandtschaft die vesuvianischen und altlatinischen Laven. Die Verbindung der Selbständigkeit mit der Zugehörigkeit zu einer größeren Gruppe ist ein Familienzug aller Vulkane. Der Kilimandscharo in seiner Senke, mit seiner mächtigen

Erhebung, ist ein stark ausgesprochenes Individuum; aber eng ist trotzdem seine Verbindung mit dem Meru, ausgesprochen sein geselliges Auftreten mit den ostafrikanischen Feuerbergen überhaupt.

Wenn wir die vulkanischen Erscheinungen nach den örtlichen Eigenschaften abstufen, so ist die Lava überhaupt am unabhängigsten von der Örtlichkeit, die Dämpfe und Explosionen sind es wieder mehr, am meisten örtlich bedingt sind Thermen, Gasquellen und Schlammvulkane. Es ist also in den Auswürfen auf engem Raum ein Einfluß der Örtlichkeit wirksam, wenn auch die Auswurfsprodukte immer derselben Gattung von Gesteinen angehören. Die Vulkane haben nie etwas zu Tage gefördert, was nicht an der Erdoberfläche als Gestein und damit selbstverständlich als Element bekannt wäre. Ja wir finden sogar, daß der an der Erdoberfläche verbreitetste Stoff, das Wasser, die größte Rolle in den vulkanischen Ausbrüchen spielt. Ein zweiter allgemein verbreiteter Stoff, Kieselsäure, ist in den festen Auswürfen der Vulkane in überwiegender Menge vertreten, und die Massen von Kohlensäure, welche die Vulkane und ihre Gasquellen aushauchen, und die weite Verbreitung der Chlor- und Schwefeldämpfe zeigen offenbar auch nicht in das Erdinnerste hinein. Es ist also ein Verständnis der Vulkane und der vulkanischen Thätigkeit möglich, das nicht sofort in den Erdmittelpunkt zielt. Auch wenn wir annehmen, daß diese Erschütterungen und Ausbrüche geschichtlich mit einem einst die ganze Erde beherrschenden Glut- und Flüssigkeitszustande zusammenhängen, so sind im besten Falle die Äußerungen des Vulkanismus heute nur das knisternde, da und dort aufleuchtende und rasch immer wieder erlöschende Feuer, das einst das Ganze eines brennbaren Stoffes ergriffen hatte, nun aber am Ausgehen ist. In den Ergebnissen der Studien über die Lage der Erdbebenstoßpunkte und über den oberflächlichen Charakter der Gebirgsfaltungen findet diese Auffassung ihre Stütze, so daß wir sagen können: *weder Vulkane noch Erdbeben noch Gebirgsbildung führen tief in das Erdinnere hinein, sie gehören vielmehr dem an, was man Erdrinde nennt.*

Wir werden also genötigt sein, *in der Erdrinde selbst* glutflüssige Massen anzunehmen, die ebenso ungleich verteilt sind, wie ihre Ausbrüche an der Erdoberfläche. Der Schmelzpunkt der Lava zwingt uns nicht, damit tiefer als 40—60 km zu gehen. Es werden Lavaherde sein, rings umschlossene Seen, die in nicht großer Tiefe so liegen, daß sie wohl miteinander in Fühlung kommen können, aber doch nicht notwendig voneinander abzuhängen brauchen. Auf solche Lage deutet auch das Auftreten der Vulkane an Stellen geringeren Widerstandes: in Faltungs- und Senkungsgebieten, auf großen Bruchspalten. Die Glutmassen drängen nicht mit unwiderstehlicher Kraft gegen die Oberfläche, sondern suchen auf leichten Wegen durchzudringen. Und so ist endlich auch die Äußerung vulkanischer Thätigkeit schwankend in der Zeit, weil die begrenzten Quellen sich einmal erschöpfen müssen.

Es fragt sich nun: was treibt diese Massen zur Erdoberfläche empor? *Änderungen des Druckes*, die auf der Erdoberfläche ununterbrochen fortgehen, müssen in die Tiefe wirken. So wie wir sie Erdbeben hervorrufen sehen, werden wir auch erwarten dürfen, daß sie mindestens begünstigend auf die Vulkanausbrüche einwirken. Das würde uns besonders an die Senkungen als Ursachen der Vulkanausbrüche denken lassen. Ebenso sicher müssen aber auch Druckänderungen aus der Erdrinde selbst heraus stattfinden; die Gebirgsfaltung gibt uns dafür die sichersten Belege. Bei diesen Änderungen des Druckes wird es nun immer einmal geschehen, daß eine Druckvermehrung eintritt, die groß genug ist, um die darunter liegende flüssige Gesteinsmasse herauszudrücken. Es könnte theoretisch auch angenommen werden, daß die Verminderung

des Druckes genügt, um den Schmelzpunkt zu erniedrigen, wo dann die in den flüssigen Zustand übergehende Masse austreten würde. Praktisch wäre indessen einzuwerfen, daß so große Druckänderungen in der Erdrinde unseres Wissens nur ganz allmählich eintreten und demgemäß auch nicht zu heftigen und häufigen Ausbrüchen Anlaß geben werden. Auf eine geringere Druckverminderung führt es aber wohl zurück, wenn die Lava sich nicht beim Austreten abkühlt, wozu ja die Wasserverdunstung beitragen müßte. Ihre Wärme steigt vielmehr wie die angeschmolzenen Kristalle bezeugen; und das geschieht wahrscheinlich durch chemische Verbindungen, die die Verminderung des Druckes erst entstehen läßt.

Senkungen spielen ohne Zweifel auch als Folgeerscheinungen eine bedeutende Rolle in den vulkanischen Gebieten. Sie sind als notwendige Folge des Materialverlustes durch die Lava- und Aschenauswürfe anzusehen, und außerdem ist an den Einsturz unterirdischer Hohlräume durch die Erschütterungen zu denken, die dem Ausbruch vorhergehen und ihm folgen. Die Häufigkeit von Seen und Sümpfen in Vulkangebieten sprechen für diese Senkungen auf den ersten Blick, ebenso die Strandlinien an den Seen vulkanischer Regionen, welche ein Sinken des Wasserspiegels anzeigen. Aber außerdem deutet auch die nähere Untersuchung des geologischen Baues an, daß größere Senkungen stattgefunden haben. Man findet Lavaströme eingebogen in einer Weise, wie sie ursprünglich nicht geflossen sein konnten. Dabei ist nicht an eine Senkung im ganzen, sondern häufiger an ein stufiges Absitzen einzelner Stücke der Erdkruste zu denken. Es ist auch daran zu erinnern, daß, nachdem Ausbrüche zuerst in der Erdrinde Hohlräume geschaffen haben, sie dann die Erdoberfläche belasten. Aber auch diesen Bewegungen ist ein durchaus örtlicher Charakter eigen.

Etwas Anderes und Größeres ist das Auftreten der Vulkane in Senkungsgebieten und am Rande von Senkungsgebieten und die lange Fortdauer vulkanischer Thätigkeit in solchen Gebieten. Auch die alte Verbreitung der Vulkane zeigt die Bevorzugung der Senken. Archibald Geikie findet, daß der britische Vulkanismus zu allen Zeiten Senkungen aufsuchte, aber mit Verwerfungen nichts zu thun hat. Nach Von Könen sind die alten Basaltausbrüche des nordwestlichen Deutschland am häufigsten aus Mulden hervorgekommen, deren nach innen zusammenneigende (synklinale) Wände einen Druck auf die Glutmassen üben konnten. Jedenfalls wird eine Senkung immer ein Stück Erdrinde dem Erdinneren näher, also in wärmere Regionen bringen, dazu einen Druck auf die Unterlage üben und endlich durch Bewegung und Reibung Wärme erzeugen. Wir möchten indessen von diesem sicheren Punkte nicht bis zu der Annahme fortschreiten, daß der Vulkanismus an Senkungen gebunden sei, und noch weniger, daß es die unter Senkungen sich zusammenziehende erkaltende Erdrinde sei, die das Erdinnere auspresse.

Außer den Senkungen sind auch Hebungen in Vulkangebieten unzweifelhaft nachgewiesen. In alten Vulkangebieten, wie im Ries, treten altkristallinische Gesteine unvermittelt über den Grund der Senke hervor; sie müssen emporgetrieben worden sein. Bei dem Ausbruch von 1861 sind am Vesuv unmittelbar zuerst Hebungen und dann Senkungen eingetreten, und mehrfache Hebungen sind vor der Eruption von 1890 an der Küste von Pantelleria auf 10 km Länge beobachtet worden; der Gesamtbetrag erreichte 6—8 m. Die Lavakuppel, die nach dem Vesuvausbruch von 1895 im Atrio del Cavallo entstand und langsam durch Überfließen mit Lava, wohl aber mehr noch durch Hebung, auf 163 m anwuchs, scheint eine durch die nachdrängende flüssige Lava emporgedrängte Gesteinsmasse zu sein. In den vulkanischen Archipelen des Stillen Ozeans bezeugen die verschiedenen Formen der Korallenriffe, daß Hebungen und Senkungen auf engem Raume gleichzeitig vor sich gehen. Außerdem liegen Beobachtungen von Dutton über die

hawaïsche Doppelvulkaninsel Maui vor, die im Westen gehoben und im Osten gesenkt worden ist. Den schönsten Beweis für wiederholte Bewegungen des Bodens in einem vulkanischen Gebiete liefern aber jene drei noch aufrechtstehenden Säulen des Serapistempels bei Pozzuoli, die oberhalb einer Schuttschicht, die ihre Basis verhüllte, verwittert und von Bohrmuscheln angegriffen sind. Der Boden, auf dem sie stehen, muß einmal mehr als 6 m gesunken sein und sich dann wieder so weit gehoben haben, daß die Bohrmuschelspuren jetzt 6½ m über dem Meeresspiegel liegen wie eine Strandlinie.

Wenn vulkanische Hebungen nicht Senkungen oder Einstürze im Gefolge haben, müssen sie auf der Ausbreitung flüssiger Massen im Inneren beruhen, wodurch Teile der Erdrinde mit in die Höhe genommen und zugleich gestützt werden. Mehrfache Beispiele von Aufwölbung durch eindringende glutflüssige Massen sind nachgewiesen worden. Aufwölbung infolge von Faltung schafft in der That die Räume für das Eindringen flüssiger Gesteine zwischen vorhandene Gesteine. Es findet etwas statt, das man „Aufblätterung" der Schichten nennen könnte, und dies zeigt den Glutmassen ihre Wege. Das Gewicht überlagernder Massen und vielleicht auch die Schwäche der Triebkräfte hindert am Durchbruch. Es entstehen schichtenartige Ausbreitungen lavaartiger Gesteine zwischen echten Schichtgesteinen.

Die Rolle der Lava in den Vulkanausbrüchen.

Die Lava als Trägerin der gewaltig hohen Temperatur ist oft als die Verursacherin aller vulkanischen Erscheinungen, als die wahre „materia peccans" angesehen worden. Ist sie aber mehr als die Trägerin dieser hohen Temperatur? Wer ist deren Erzeuger? Die Frage bleibt in diesem Fall offen: Wo kommt die Wärme her?

Die Geschichte der Vulkanausbrüche lehrt nun folgendes: die Lava ist ursprünglich nicht explosiv, sie wird es erst kurz vor dem Austritt aus der Erde. Dafür sprechen die ruhigen Spaltenergüsse. Es wird der Lava durch Zutritt fremder Stoffe, durch Erhöhung ihrer Wärme oder durch Verminderung des Druckes Energie beigebracht, und nur der hierdurch explosiv gewordene Teil der Lavamasse wird ausgeworfen. Häufig tritt Lava in nicht explosiblem Zustand aus, wenn die Explosion, also der eigentliche Ausbruch, schon vorüber ist. Man kann, besonders nach den Untersuchungen der Amerikaner an den Vulkanen von Hawaï, als die erste sichtbare Ursache der Eruptionen das Aufsteigen der heißen Lava in den Krater nachweisen, wobei der Druck vermindert und der Wasserdampf zur Ausdehnung gebracht wird, also die Explosion wie in einem Geisir (Geiser) eintritt. Daß die Verflüssigung fester Gesteine durch Erwärmung eine Volumenvermehrung bedingt, ist für die Lava noch nicht ganz sicher, deren erstarrte Decken auf der Schmelzmasse wie Schlacken auf Metall schwimmen. Wohl aber muß man an eine Volumenvermehrung einer aufsteigenden Lava durch hinzutretendes Wasser und noch mehr durch Verminderung des Druckes denken, der auf ihr lag.

Das Schwimmen von fester Lava auf flüssiger, zu beträchtlichen Inselbildungen auf den Lavaseen der hawaïschen Vulkane gesteigert, legte die Möglichkeit nahe, in dem Festwerden flüssiger Gesteinsmassen die eigentliche Ursache des Aufsteigens der Lava zu suchen. Wenn die Lava zu den Körpern gehört, die beim Erstarren sich ausdehnen, so kann in ihrer Abkühlung die Ursache des Austretens flüssiger Lava liegen; die Arbeitsleistung der vulkanischen Kraft würde dann an dem Punkt einsetzen, wo beim Erkalten die Volumenverminderung in Volumenvermehrung umschlägt. Die Lavagänge in den älteren Gesteinen der Vulkane, die wie injiziert aussehen, sprechen von vornherein mehr für ein Heraufgepreßtwerden als für ein einfaches Aufsteigen. Wir hätten uns also das Auftreten von Lava so verursacht zu denken, wie das Austreten von flüssigem Wasser aus den Spalten des Eises; das Wasser muß sich ja beim Gefrieren ausdehnen, da sein Dichtigkeitsmaximum bei $+4^{0}$ liegt. Das unter dem Eis liegende Wasser wird

also, wenn es sonst keinen Ausweg findet, durch Eisspalten herausgepreßt werden. Stübel hat diesen Gedanken bis zu dem Punkte fortgebildet, wo der Vulkanismus nur noch als eine Folge der Abkühlung der feuerflüssigen Erde erscheint: der Vulkanismus eine Erkaltungserscheinung! Er hat damit einen hohen Standpunkt gewonnen, von dem aus die Bildung der ersten Erstarrungsdecke des Erdballes nur der erste von den Vorgängen ist, die in den zerstreuten, verhältnismäßig kleinen vulkanischen Kundgebungen von heute fortwirken, und von dem aus die Lava als der eigentliche Träger der vulkanischen Kraft erscheint, während die Vulkane selbst nur der Überschuß des Materials sind, für dessen Bergung im vulkanischen Herd es wegen der Ausdehnung der Gesteine bei der Abkühlung an Raum mangelte. Das ist eine großartig einheitliche Theorie des Vulkanismus. Sie erklärt die Mannigfaltigkeit in der Einheit der vulkanischen Erscheinungen durch die Annahme peripherischer, örtlich beschränkter Lavaherde, die das Erzeugnis der Erstarrung sind, macht die allgemeine Abnahme und den zunehmend örtlicheren Charakter der vulkanischen Thätigkeit verständlich, nicht minder die zeitliche Beschränktheit der Ausbrüche und Vulkanbildungen.

Doch hängt ihre Geltung ganz davon ab, daß der Vordersatz bewiesen wird: erkaltende Laven dehnen sich aus. Dieser Beweis steht noch ganz und gar aus und wird auch nur schwer zu liefern sein, da das Verhalten geschmolzener und unter hohem Druck überhitzter, mit Wasserdampf und anderen Gasen versetzter Gesteine nicht leicht experimentell festzustellen sein wird. Das Verhalten einiger anderer Körper, von denen angegeben wird, daß sie sich beim Erstarren ausdehnen, beweist nichts für die Lava; und übrigens steht nur für Wasser und etwa noch Wismut diese Ausdehnung ganz fest. Es handelt sich nicht bloß darum, ob die Erstarrung der Lava mit Ausdehnung verbunden sei; man kann es auch für möglich halten, daß ihre Abkühlung nicht eine einfache Volumenveränderung parallel mit der Temperaturabnahme herbeiführt, sondern daß z. B. die mehr oder weniger langsame und teilweise Abkühlung die Volumenveränderung beeinflußt. Hoffen wir, daß es dem Experiment noch gelingen wird, dieser Seite des Problems mindestens etwas näher zu kommen.

Wenn indessen auch die Ausdehnung der Lava mit der Abkühlung feststünde, so würde doch für uns die Stübelsche Hypothese immer noch nicht von allen Bedenken frei sein. Einmal setzt sie einen großen Vorrat an glühendflüssigen Massen im Erdinneren voraus, den wir mit unseren Vorstellungen vom Erdinneren nicht vereinbaren können. Außerdem müßte bei fortschreitender Abkühlung der die Lava herausdrängende Ausdehnungsprozeß längst schon in eine Tiefe verlegt sein, die viel größer ist, als wir nach der Natur des Vulkanismus annehmen können. Besonders die vulkanischen Erdbeben widersprechen dieser Annahme. Auch gegenüber anderen Erklärungsversuchen möchten wir dies geltend machen. Schon das vollständige Aussterben der vulkanischen Thätigkeit an vielen Stellen der Erde, wo sie seit Jahrhunderttausenden ruht, kann schwer mit einer allgemein verbreiteten Spannung in der Erdrinde vereinbart werden, die gelegentlich durch leichte äußere Veranlassungen, wie etwa das Eindringen von Wasser, ausgelöst würde.

Die Bedeutung des Wassers in den Vulkanausbrüchen.

Giordano Bruno hat zuerst der Lage der Vulkane am Rande des Meeres die Folge zugeschrieben, daß das an die feurigen Massen der Tiefe herantretende Wasser Ausbrüche bewirke. Dieser Gedanke ist seitdem unendlich oft wiederholt worden. Auch wir, die wir nicht mehr geneigt sind, das Auftreten der Vulkane auf Inseln und an Küsten unmittelbar auf den Wasserbedarf der vulkanischen Werkstätten zurückzuführen (vgl. oben, S. 155 u. f.), sind doch von der Wirksamkeit des Wassers in den Ausbrüchen mehr als je durchdrungen, wenn wir vielleicht auch den Ausspruch Pallas' nicht unbedingt unterschreiben würden, daß die Meeresnähe „die Lebenskraft der Vulkane" steigere. Auch wo der Wasserdampf nicht Explosionen verursacht, verflüssigt Wasser unter hohem Druck die leichtflüssigen Laven. Das Vorkommen von großen Wassermassen bei jedem Ausbruch, sei es Explosion oder Lavaausfluß, ist zweifellos. Wo kommt dieses Wasser her? Es ist nicht abzulehnen, daß Grundwasser tief genug dringen könne, um

in die Lava einzutreten. Dana wollte damit das Zusammenfallen von sieben Kilauea-Ausbrüchen unter acht mit der hawaïschen Regenzeit in Verbindung bringen. Dabei ist allerdings nicht zu übersehen, daß wenn am Kilauea die stärksten Niederschläge fallen, dort zugleich hoher Luftdruck herrscht (mittlerer Barometerstand im Juli 764 mm) und Hawaï tief im Passatgebiet liegt; auch erinnern wir uns, daß nach Bergeats Untersuchungen eine kleine Wahrscheinlichkeit für die Steigerung der Stromboli-Ausbrüche bei hohem Luftdruck besteht. Daß Meerwasser unter hohem Druck seine Wände durchdringen und die Lavaherde erreichen könne, ist auch nicht zu leugnen. Von Bedeutung scheint uns die Ansicht von Arrhenius, daß das Wasser von der heißen flüssigen Gesteinsmasse absorbiert werde und unter hohem Druck als starke Säure sogar die Kieselsäure aus ihren Verbindungen verdränge. Den Einfluß des Wassers auf das Magma stellt er sich als durch eine halbdurchlässige Schicht (Meeresboden) osmotisch wirkend vor. Bei den Explosionen des Krakatoa und des Tarawera ist der Zutritt großer Wassermassen nachgewiesen. Aber die Frage nach der Herkunft des Wassers bei Vulkanausbrüchen gehört sonst zu denen, die einstweilen offen bleiben werden. Sie ist auch keine der notwendigsten Fragen des Vulkanisten. Aber es ist gut, sich klar zu machen, daß im Mechanismus der Vulkanausbrüche die Gase des Erdinneren, und vor allem Wasserdampf, sowie die Fähigkeit heißer Gesteins- und Metallflüsse, Gase aufzunehmen, von großer Wichtigkeit sein müssen. Das Wasser erscheint in glutflüssigen Gesteinen nicht als eine äußerliche Zumischung, sondern bildet einen wesentlichen Bestandteil. Wasser ist von der Lava absorbiert und kann das Magma gerade so gut durchdringen wie der Sauerstoff glutflüssige Metalle. Wasser kann wegen des Druckes, unter dem es steht, sich nicht in Dampf verwandeln, sondern dringt flüssig in die heißflüssige Gesteinsmasse ein, die es zum Explodieren bringt, sobald der Druck nachläßt. Der eindringendsten Erforschung würdig ist jenes mit der Wärme steigende Vermögen, Kieselsäure aus ihren Verbindungen zu verdrängen; Arrhenius schreibt gerade dem Freiwerden des in abkühlender Lava durch Kieselsäure ersetzten Wassers die vulkanischen Explosionen zu.

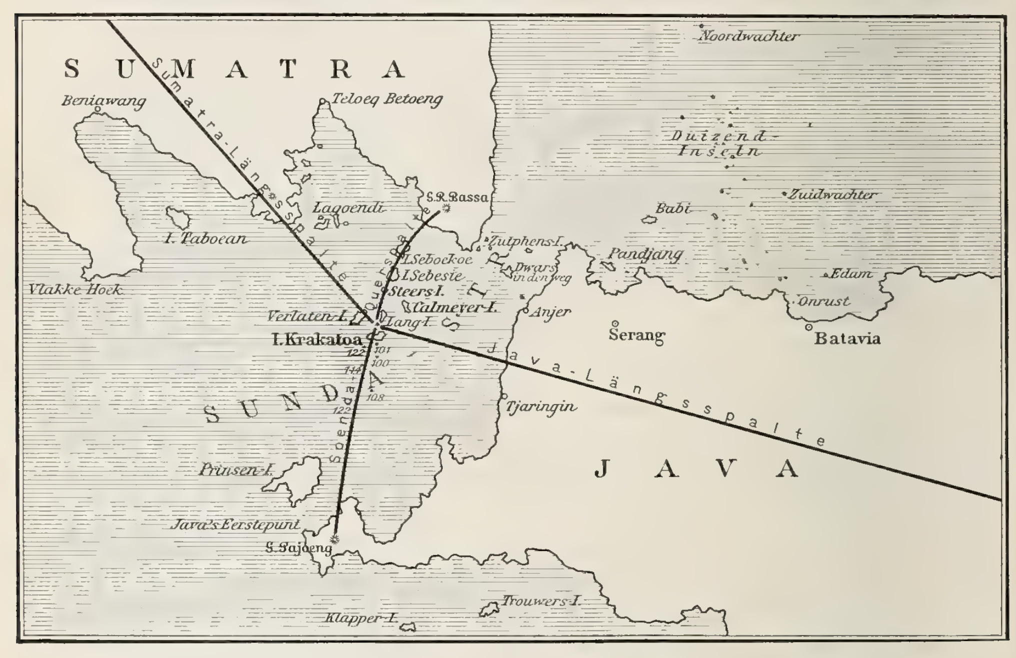
Was leistet nun der Wasserdampf? Er bewirkt Explosionen, und ich möchte gleich hinzusetzen, daß die in den letzten Jahren empfangenen Aufschlüsse über maarbildende Gasexplosionen (s. oben, S. 146) unsere Achtung vor diesem Werkzeug sehr erhöht haben. Er vermehrt die Flüssigkeit der Glutmassen. Er hilft durch früheres oder späteres Entweichen die Oberfläche des Lavastromes formen. Aber es heißt dem Wasserdampf zu viel zumuten, wenn man seine Spannkraft für die Hebung von Millionen Kubikmetern Lava auf ein paar Tausend Meter beansprucht. Man kann ihm vielmehr nur die Rolle zuweisen, die er in den Geisirs, den periodischen Springquellen, hat, wo wir kaltes Wasser unter dem Einfluß der unterirdischen Wärme periodisch die Energie erwerben und ansammeln sehen, die zur Bewirkung großer Explosionen notwendig ist.

Vulkane und Spalten.

Die Art der Verteilung der Vulkane über die Erde macht ihre Beziehung zu langgestreckten schwachen Stellen der Erdrinde unzweifelhaft, die oft schon vor der Bildung dieser Vulkane da waren. Man pflegt solche Stellen Spalten zu nennen (s. die Karte, S. 184). Auch im einzelnen bewährt sich die Regel, daß Vulkane sich kettenförmig aneinanderreihen; nur darf sie nicht bis zur Konstruktion eines Spaltennetzes für jede kleine Vulkangruppe übertrieben werden. Es gibt Vulkane, die nicht an Bruchspalten der Erde gebunden sind, und es hat solche auch in früheren Perioden der Erdgeschichte gegeben. In ihnen muß die Explosion allein oder muß die von unten andrängende und abschmelzende Lava die Öffnung gebahnt haben. Man denke,

wie gewaltige Massen von ihren Schloten die Laven kleinerer Ausbrüche mitgerissen haben, und wie die weißglühenden Gesteinsmassen ihre Umgebungen an- und abschmelzen.

Jedoch ist die buchstäbliche Annahme von Spalten, die von der Erdoberfläche bis dahin reichen sollen, wo das glühendflüssige Erdinnere in sie eintritt, um in ihnen den Weg in die Atmosphäre zu finden, nicht zu vereinigen mit der Annahme der Plastizität schon der tieferen Schichten der Erdrinde. Die plastischen Massen können keine Spalten aufkommen lassen, sondern müssen sie zerdrücken. Schon Heim und Dutton haben ausgesprochen, daß der Gebirgsdruck in solchen Tiefen, wo Lavahitze herrscht, kein Wasser auf Spalten mehr eindringen läßt, weil schon in viel geringeren Tiefen alle Spalten und überhaupt alle Wasserwege geschlossen



Karte von Krakatoa mit den Spalten. Nach R. D. H. Verbeek. Vgl. Text, S. 183.

und verquetscht sein müssen. Es ist undenkbar, daß Wasser in Tiefen über 5000 m unter das durchschnittliche Niveau der Erde anders eindringt, als indem es unter hohem Druck die Gesteine fein zerteilt durchdringt.

Wir haben schon (s. oben, S. 160) von der Verwechselung von Spalten und Richtungslinien gesprochen. Doch will uns auch dieses Wort nicht gefallen, denn in Wirklichkeit handelt es sich auch nicht um Linien. Es wäre besser, statt von Vulkan*linien* von Vulkan*flächen* zu sprechen. Auch bei scheinbar linearer Richtung liegt unter den Ausbruchsstellen ein bandartiges Ursprungsgebiet. Uns erscheint eine solche Annahme selbstverständlich, in der Erinnerung an eine logische Forderung, die wir für die geographische Forschung überhaupt aufstellen müssen: die Erscheinungen an der Erdoberfläche müssen jederzeit nur räumlich und körperlich gedacht werden; was man Punkt nennt, ist eine Stelle, was man Linie nennt, ein Streifen oder Saum an der Erdoberfläche. Die vulkanische Spalte hört dort auf, eine nützliche Annahme zu sein, wo ihre Anzeichen weit zerstreute Ausbrüche sind, wie die auf der Nordwestlinie zwischen dem Gebirge Dar Fors und den Kanarien liegenden vulkanischen Bildungen des Sudân und der Sahara. Aber auch in

engeren Gebieten, wie zwischen Hegau und Ries, wo gar nichts Spaltenartiges nachzuweisen ist, muß die Richtung, hier Nordosten, genügen. In dieser Beziehung stehen wir ganz auf demselben Boden wie Stübel, der die Auffassung vertritt, daß die Vulkane nicht unterirdischen Spalten aufsitzen, sondern über schwachen Stellen der Erdrinde auftreten. Die Spalten sind uns nur Symbole für die Stellen geringeren Widerstandes, die unter ihnen liegen. Freilich dürften auch bisher nur schematische Denker sich in den Linien schematischer Spaltensysteme gefangen haben. Neumayr hat mit gutem Bedacht gesagt: die Vulkane liegen an Spalten der Erdrinde.

Vulkanismus und Gebirgsbildung.

Die Vulkanbildungen, die man als massige bezeichnet, die Kuppen und Decken, tragen zur Gebirgsbildung durch Massenausfüllungen und -Ablagerungen bei; aber sie heben nicht „eine lange Andesmauer aus tiefen Erdspalten". Soviel wir bis heute wissen, sind die Fälle selten, wo aufdringende Lava Schichten gehoben und aufgewölbt hat, indem sie vom Eruptionskanal aus unter sie eindrang. In viel größerem Maße und greifbar ist die Gebirgsbildung durch Decken vulkanischer Gesteine beeinflußt, die man Hunderttausende von Quadratkilometern weit verfolgen kann. Der Vogelsberg im hessischen Bergland ist ein kleines Gebirge durch seine 2500 qkm große Basaltdecke. Die Basalt- und Doleritkuppen des Meißner sind in derselben Beziehung interessant. Die Kegelformen der Vulkankuppen sind ebenso bezeichnend für den Gesamteindruck eines Teiles unserer deutschen Mittelgebirge, wie im einzelnen die prismatische Absonderung der Basaltsäulen. Die Porphyr- und Melaphyrkuppen der Kohlen- und Dyasformation, die Dolerit-, Trachyt- und Basaltkuppen jüngerer Zeitalter (vgl. die Abbildung, S. 142) sind dasselbe wie die Quellkuppen der gegenwärtigen Lavavulkane.

Auf eine andere Verwandtschaft zwischen Vulkanismus und Gebirgsbildung hat schon Leopold von Buch hingewiesen, als er seine Reihenvulkane in zwei Gattungen teilte: entweder erheben sie sich als einzelne Kegelinseln vom Grunde des Meeres, und es läuft ihnen meist zur Seite, in derselben Richtung, „ein primitives Gebirge, dessen Fuß sie zu bezeichnen scheinen"; oder die Reihenvulkane stehen auf dem höchsten Punkte dieser Gebirgsreihe und bilden die Gipfel selbst. Viele Gebirge tragen vulkanische Gipfel. Die Hochgipfel der Anden sind Vulkane, die auf altkristallinischen Fundamenten stehen, und die höchsten Inselberge sind ebenfalls Vulkane. Auch niedrigere Gebirge, wie die Mittelgebirge Deutschlands und Frankreichs, werden von zahlreichen Vulkangipfeln gekrönt. Sind die Hauptketten von ihnen frei, so treten sie auf Nebenketten auf, wie der Demawend auf einer Parallelkette des Elburs. An Faltengebirgen liegen die Vulkane am häufigsten auf der Innenseite der Faltenbogen, so im Süden der Alpen, im Westen des Apennin. Vulkane reihen sich kettenförmig aneinander und bilden so lockere, einfache oder doppelte Gebirgsketten. Dabei waltet der große Unterschied zwischen Vulkanen, die bis in die Erde hinein Lava- und Schlackenberge sind, und solchen, in deren Fundamente mächtige Sedimentärschichten mit eingebaut sind. Dann gibt es aber auch Gebirge, in deren Aufbau die vulkanischen Gesteine nur in beschränktem Maße eingehen; dazu gehören die Alpen. Und eruptive Gesteine findet man zwischen die verschiedensten anderen Gesteine eingeschaltet und mit ihnen zugleich gefaltet, wie die Grünsteine und Diabase des Harzes, die vollständig passiv blieben gegenüber der Hebung des Harzgebirges, in der man ihnen einst die Hauptrolle zugeschrieben hatte. Am Demawend, an dessen Flanken die Sedimentärgesteine des Gebirgbaues 3000 m hinaufreichen, ist keine Störung dieses Baues, die mit dem Vulkan zusammenhinge, nachgewiesen. Und doch liegt der längere Durchmesser des Kraters dieses Vulkans in der Richtung der Gebirgskette. (Tietze.)

So sind also Vulkane zur Gebirgsbildung nicht notwendig, und die von unten drängenden feuerflüssigen Gesteinsmassen, die aus den Vulkanen hervortreten, sind nicht die Ursache der Gebirgsbildung. Wohl aber gehören sie zu den Folgeerscheinungen der Gebirge. Die vulkanischen Explosionen, die nur auf sehr kleine Strecken hebend oder störend wirken, sind im Vergleich mit den Ursachen der Gebirgsbildung nur Eintagskräfte. Gerade dem Studium der Vulkane dankt man die Erkenntnis von der Ohnmacht der radial von unten wirkenden Stoßkräfte, es bahnt sich dafür die Überzeugung von der Macht langsamer Hebungen und Senkungen mit seitlichen Verschiebungen an. Wo wir eine Gesetzmäßigkeit der Anordnung der Vulkane wahrnehmen, da bestimmt der Bau der Erdoberfläche die Häufigkeit und Anordnung der Vulkane. Die Vulkane sind also neben der Gebirgsbildung eine im allgemeinen abgeschwächte, im einzelnen örtlich verstärkte Äußerung innerer Erdkräfte. Sie sind entstanden, als die großen Bewegungen der Erdrinde bereits vollendet waren, und scheinen in vielen Fällen nur durch das Zerbrechen der alten Bildungen möglich geworden zu sein. Daher ihr untergeordnetes Auftreten neben den Alpen, dem Apennin, die häufigen Unterbrechungen ihrer Richtungslinien.

Nicht bloß Faltengebirge, sondern auch Bruchgebirge werden von Vulkanen begleitet und durchsetzt, aber der Vulkanismus in Bruchgebieten ist weit entfernt von der Energie des Vulkanismus in Faltungsgebieten. Am schönsten zeigt Afrika, wie die vulkanische Thätigkeit mit Senkungen und Brüchen zusammengehen kann; es lehrt uns aber auch, daß sie dort nicht so enge Verbindung eingeht mit der Gebirgsbildung und nicht so gefördert wird wie in den Gebieten der Gebirgsfaltung.

Der einzige noch thätige Vulkan Ostafrikas, der Teleki-Berg, liegt im Großen Graben, mit ihm eine Anzahl von erloschenen; und so liegt der thätige Vulkan Zentralafrikas, der Kirunga (3500 m), im zentralafrikanischen Graben; Kilimandscharo und Kenia liegen 100—120 km von dem Großen Graben entfernt. Endlich liegen die vulkanischen Kondehügel am Nordende der tiefen Senke des Nyassasees. Der Kilimandscharo erlaubt uns, die Spalten eines engeren Gebietes zu verfolgen, und da sehen wir eine größere Anzahl von Spalten an dieser Stelle stärtster vulkanischer Thätigkeit zusammentreffen. An anderen Stellen stehen die Hauptberge einer Vulkangruppe auf einer kurzen Nebenspalte (Popokatepetl). Und die ostafrikanischen Verhältnisse erinnern uns, daß, wenn in einem Gebiet thätige und erloschene Vulkane vorkommen, häufig die thätigen auf der Hauptspalte oder auf ganz kurzen Nebenspalten stehen, die erloschenen dagegen entfernter.

In dem Gegensatz der mächtigen Wirkungen der Gebirgsbildung, die sich unmerklich vollziehen, und der beschränkten Wirkungen des eindrucksvollst verlaufenden Vulkanausbruches liegt die Hindeutung auf eine Ermüdung der alten Erde, die Bedeutendes nur mit schleichender Langsamkeit gebiert, und da, wo sie rasch Großes hervorbringt, diesem keine Dauer zu geben vermag. Die erschütterndste Explosion, der verheerendste Ausbruch bleiben örtlich beschränkt. Das Größte und Dauerndste leistet der Vulkanismus nur, wo er auf den Fundamenten baut, welche die Gebirgsbildung errichtet hat. (Vgl. oben S. 156.)

Muß man aber annehmen, daß Vulkanismus und Gebirgsbildung immer so weit in ihren Werken auseinander gingen wie jetzt, da sie doch selbst heute noch sichtlich in ihren tieferen Wurzeln zusammenhängen? Wer an das flüssige Erdinnere glaubt, das durch Wärmeabgabe sich verkleinert und dadurch die Erdrinde einschrumpfen macht, dem sind die beiden allerdings nur Wirkungen derselben Ursache, der allgemeinen, alten Erdwärme, und ihre Erklärung kann nur ein Problem der Wärmelehre sein. Es liegt etwas Verführerisches in einer so einheitlichen Erklärung. Der einfache Menschenverstand sieht sich den Zustand der Sonne an und sagt: Sollte mir nicht die natürliche Verwandtschaft zwischen Sonne und Erde auch das glühende Innere der Erde gewiß machen? Sollte nicht der Vulkanismus eine abgeschwächte oder schwächliche

Wiederholung, gleichsam ein Schatten des Sonnenfeuermeeres mit seinen Fackeln und Koronen sein? Wir sind allerdings der Meinung, daß man angesichts des Zustandes der Sonne, des Mondes, des Ursprungs der Meteoriten aus zersprengten kleinen Planeten, endlich dieses schwächlichen Vulkanismus der Erde den Vulkanismus als eine kosmische Erscheinung in dem Sinne bezeichnen könne, daß alle Gestirne in ihrer Entwickelung eine vulkanische Phase durchmachen. (Tschermak.) Und es ist auch nicht abzulehnen, daß noch in einem anderen Sinne von einem kosmischen Charakter des Vulkanismus gesprochen werden könne. Wenigstens Andeutungen gibt es von Beziehungen zwischen den Perioden erhöhter vulkanischer Thätigkeit und den Perioden geringster Sonnenfleckenhäufigkeit. Und ganz abzuweisen ist auch die Möglichkeit nicht, daß Lava-Ausflüsse und strombolianische Thätigkeit der Vulkane von der Stellung der Sonne und des Mondes zur Erde mitbestimmt werden. Die Betrachtung der Erdbeben wird uns auf diesen Punkt zurückführen.

Wir müssen aber zunächst bei den Thatsachen stehen bleiben, die wir greifen können, und da finden wir, wenn wir das Gesamtgebiet des Vulkanismus mit zusammenfassendem Blick überschauen, daß die örtlich beschränkten und die zeitlich unterbrochenen vulkanischen Äußerungen uns an einen unmittelbaren Zusammenhang mit einem glühendflüssigen Erdinneren nicht denken lassen. Wir sehen an einzelnen Stellen der Erde die überall verbreitete innere Wärme sich steigern und vorher trägen Stoffen Energie mitteilen, die sie befähigt, zur Erdoberfläche emporzusteigen, wo die Verminderung des Druckes noch mehr Energie frei macht. So entstehen die Ausbrüche, die immer einen Energieverlust bedeuten, der oft lange Zeiten, nach Jahrhunderten zu rechnende, braucht, um sich zu ersetzen. Ist also auch der Vulkanismus der Erde nur ein Teil der kosmischen Erscheinungen, die überall im Weltall auftreten, wo Energie die Form der Wärme annimmt, so berechtigt uns doch nichts, den Vulkanismus der Erde als die Äußerung eines Restes der aus einem feurigflüssigen Zustande der Erde übriggebliebenen Wärme anzusehen. Seine Erscheinungen sind nur von geringer Tiefe und auf das engste verknüpft mit den noch weniger tief gehenden Vorgängen der Gebirgsbildung. Es ist sogar wahrscheinlich, daß in manchen Fällen durch äußere Einflüsse vulkanische Ausbrüche hervorgerufen werden. Ihre zeitliche und örtliche Beschränktheit läßt Sammelbecken feurigflüssiger Massen annehmen, deren Ausdehnung nicht sehr viel größer ist als die Massen, die sie in Form von Vulkanbergen und Vulkandecken an der Erdoberfläche aufhäufen, und mit deren Anhäufung sie sich für lange erschöpfen. Die verschiedenen Formen vulkanischer Ausbrüche sind nach Art und Stoff im Grunde eins, wenn auch ihre Ergebnisse für die Erdoberfläche erhebliche Unterschiede bedingen. Auch ihr Hervorbrechen geschieht unter ähnlichen Umständen: geschmolzene, überhitzte Gesteine, mit Wasserdampf und anderen Gasen gesättigt, werden durch Druckveränderungen im Inneren der Erdrinde und manchmal auch durch eigene Veränderungen an die Erdoberfläche gehoben, wo sie ungestört ausfließen, wenn sie aus leichtflüssigen Gesteinen bestehen, oder wo sie unter gewaltigen Explosionen sich einen Weg bahnen, wenn die Schwerflüssigkeit den Dämpfen den Ausgang erschwert. Ihr Zustand scheint niemals so entschieden nach außen zu drängen, daß sie an beliebigen Stellen durchbrechen, sondern vorhergegangene Änderungen im Zusammenhang der Erdoberfläche bahnen ihnen bestimmte Wege.

Die Übereinstimmung der Laven in umgrenzten Gebieten und in einzelnen geologischen Zeitaltern schließt den Gedanken an die einfache An- oder Einschmelzung oberflächlicher Schichten aus. Die Laven kommen aus einer Tiefe, bis zu der die Unterschiede der Sandstein-, Kalk- und Dolomitschichten der obersten Erdrinde nicht reichen. Die Auswürfe der entlegensten Vulkane gleichen

einander oft ebenso, wie die benachbarter auseinander gehen. Ostafrikanische Trachyte stimmen mit solchen von Ischia überein, aber die Trachyte von Ischia stehen allein unter denen Italiens. Es kann vorkommen, wie 1885 auf Java, daß Nachbarvulkane fast gleichzeitig Basalt- und Andesitlaven auswerfen; dabei bleiben es doch immer nahverwandte Gesteine. Aber dieselbe Übereinstimmung verleiht ihnen auch ihre Selbständigkeit gegenüber den Gesteinen, die unter ihnen liegen. Von Unterschieden des tieferen Erdinneren bemerken wir in den Laven ebensowenig, und sie haben vor allem mit ihrem spezifischen Gewicht, das um 3 schwankt, nichts mit dem schweren Erdkern zu thun. Ihre Verwandtschaften weisen also weder nach oben noch nach unten, sondern sie verbinden vielmehr die vulkanischen Herde, die mit ihren Ausläufern, thätige und erloschene zusammen, eine selbständige Lage unterhalb der obersten Schichten der Erdrinde einnehmen. Darin erklärt sich ihre räumliche und zeitliche Beschränkung, ihre Verschiedenheit in Einzelheiten und ihre Übereinstimmung im allgemeinen, die Abhängigkeit ihres Auftretens von den wenig tief gehenden Bewegungen in der Erdrinde, die zur Gebirgsbildung führen, neben denen der Vulkanismus passiv steht. Der Gedanke liegt nahe, daß die Flüssigkeit dieser Gesteinsmassen die Steigerung der Plastizität sei, die man den über ihnen liegenden gebirgsbildenden Massen zuerkennen muß. Und der Zusammenhang der Epochen großer Thätigkeit des Vulkanismus mit großen Änderungen im Aufbau der Erdrinde, seien es Faltungen oder Brüche und Senkungen, deutet auf Druck- und Spannungsänderungen als auf ihren gemeinsamen Anlaß hin.

---

2. Erdbeben.

Inhalt: Die Natur der Erscheinung. — Stoß und Fortpflanzung. — Die Häufigkeit der Erdbeben. — Erdbebengebiete. — Wirkungen der Erdbeben an der Erdoberfläche. — Die geographische Verbreitung der Erdbeben. — Die Entwickelung der Erklärung der Erdbeben. — Die geistigen Wirkungen der Erdbeben und Vulkanausbrüche.

Die Natur der Erscheinung.

Wir fühlen oder messen Bewegungen der Erdoberfläche, die bald heftig stoßend, bald wie kaum merklicher Pulsschlag auftreten; sie werden von Tönen begleitet, die an die Geräusche von Entladungen, vom Reiben großer Steinmassen aneinander, von einstürzenden Wänden, aufprallenden Felsen erinnern. Wenn die Veranlassung dieser Bewegungen in der Erde selbst liegt und natürlich ist, nennen wir sie Erdbeben. Erderschütterungen in durchwühlten Bergwerksgebieten, wo der Boden trichterförmig einsinkt, oder als Begleiterscheinungen von Lawinen- und Bergstürzen, das Erzittern der Erde in der Nähe von Artillerieschießplätzen schließt man also nicht mit ein. Im übrigen aber können die Erdbeben sehr verschieden sein. Die größten legen Städte in Trümmer und reißen meilenlange Schluchten in die Erde oder drängen das Meer weit von seinen Ufern zurück. Aber die meisten kann man nur unter besonderen Umständen, oft überhaupt nur mit Hilfe wissenschaftlicher Werkzeuge wahrnehmen. Für diese hat sich sogar eine eigene Wissenschaft der kleinen Erdbeben, Mikroseismologie, entwickelt, welche die ungemein häufig, oft an einem Tage mehrmals wiederkehrenden, in manchen Gegenden nahezu beständigen leisen Erschütterungen der Erde beobachtet. Diese Wissenschaft hat die dreifache Aufgabe, die selbständigen leichten Erdbeben zu beobachten, dann die letzten Schwingungen fortgepflanzter Erdbeben zu studieren und endlich viele Erschütterungen als von außen her bewirkte zu erkennen und von den echten Erdbeben abzusondern.

Was die leichten Erdbeben betrifft, so wird man die Erdpulsationen als regelmäßige, lange flache Wellen, wie Dünungswellen, die in Reihen hintereinander folgen, von den unregelmäßigen, kurzen Stößen, die rasch nacheinander auftreten, unterscheiden. Man wird in jenen ersteren besonders die Ausläufer größerer Erdbeben erkennen, die in breiten flachen Wellen die Erde umwallen oder den Erdkörper durchschwingen, womit nicht gesagt ist, daß sie gelegentlich nicht auch anderen Ursachen entspringen könnten. Gerade durch ihr Studium wird man einst bei der Vervielfältigung der seismischen Apparate dazu kommen, jedes starke Erdbeben, wo es auch aufgetreten sei, auf der ganzen Erde nachweisen zu können.

Endlich werden die mikroseismischen Beobachtungen jeden Zweifel daran wegräumen, daß Erzittern der Erde auch durch Stürme, Brandung, fallendes Wasser entsteht. Ebenso wird man auf diese Weise Bewegungen von weniger merklicher Art erkennen, die dem täglichen und jahreszeitlichen Wechsel von Wärme und Abkühlung und der Luftdruckschwankungen folgen und wahrscheinlich sogar unter dem Einfluß der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die feste Erde auftreten.

Stoß und Fortpflanzung.

Bei den meisten Erdbeben kann man die Erschütterungen auf Stöße zurückführen, die den Boden in irgend einem Winkel treffen und ihn so in eine Wellenbewegung versetzen. Eine Bewegung in irgend einer Tiefe unter der Erde pflanzt sich nach der Oberfläche zu in der Weise fort, daß sie über dem Ausgangsgebiet als Stoß und in größerer Entfernung davon als Welle erscheint. Daher begegnen wir in den Schilderungen verwüstender Erdbeben öfters dem Vergleiche mit einem Schlage von unten gegen den Erdboden, dem eine seitlich rüttelnde Bewegung folgt. Man kann aber nicht immer von einem einzigen leicht abgrenzbaren Stoße sprechen, nicht einmal oft; es ist daher auch nicht angängig, zu sagen: jedes Erdbeben wird von einem Stoße verursacht; ebensowenig wie es sachgemäß wäre, die Ausgangsstelle des Erdbebens als einen Punkt zu bezeichnen. Schon Volger hat in seinem großen Werk über die Erdbeben der Schweiz (1857) von Ursprungslinien und Ursprungsflächen gesprochen. Wir wagen zu sagen: ein Erdbebenpunkt ist von vornherein unwahrscheinlich; ein Erdbeben ist wesentlich flächenhaft, und der enge Raum stärkster Erschütterung wandert, springt sogar zurück, erfährt Verschiebungen.

Wenn wir also vom Mittelpunkt oder Ausgangspunkt eines Erdbebens sprechen, so ist darunter kein mathematischer Punkt zu verstehen, sondern eine engbegrenzte Stelle der Erde unter der Erdoberfläche. Diese Stelle kann innerhalb eines Erschütterungsgebietes und selbst im zeitlichen Verlauf eines und desselben Erdbebens wandern. Werden verschiedene Stellen zu gleicher Zeit erschüttert, so spricht man von gleichzeitigen (simultanen) Erdbeben. So wurde bei dem Erdbeben von Assam vom 12. Juni 1897 der Hauptstoß gleichmäßig in einem Gebiet von 150 km Radius empfunden. Man kann dabei an die ruckweise Bewegung einer ganzen Platte denken, die Sueß als Plattenbeben bezeichnet hat.

Ist auch die Beschaffenheit der Gesteine, welche die Bewegung zu durchmessen hat, sehr verschieden, so geschieht die Fortleitung der Bewegung doch im allgemeinen strahlenförmig und kommt in der Regel zuerst an der Stelle an, die unmittelbar über dem Ausgangsgebiet (Epicentrum) gelegen ist, später an den davon entfernteren, wobei ein immer größerer Zeitraum zwischen den Hauptbewegungen und dem Vor- und Nachbeben entsteht. Es zerlegt sich die im Ursprunge vielleicht einfache Erschütterung, indem sie die Erdschichten durchwandert. Man darf deshalb auch nicht annehmen, es geschehe diese Fortpflanzung so regelmäßig, daß man aus dem

Zeitunterschied des Auftretens der Bewegung an der Erdoberfläche die Entfernung vom Ausgangsgebiete zu berechnen vermöchte. Die Methode, auf diesem Wege die Lage und Tiefe des Ausgangsgebietes eines Erdbebens zu bestimmen, hat nur den Wert einer Schätzung. Ebensowenig kann man bestimmt sagen: hier ist der stärkste Stoß empfunden worden, hier muß der Ursprung des Erdbebens liegen. Noch gewagter ist der Versuch, aus dem Gebiete der stärksten Erschütterung sogar die Form des Ausgangsgebietes eines Erdbebens gleichsam herauslesen zu wollen, wenn man auch berechtigt ist, zu sagen: eine Erschütterung von elliptischer Gestalt hat vermutlich ein gestreckteres Ausgangsgebiet als eine kreisförmige.

An die Erdoberfläche gelangend, bewirkt die Bewegung ein örtliches Erheben und darauf folgendes Zurücksinken der Erdoberfläche und davon ausgehend Wellenringe, die oft in mehrfacher Zahl hintereinander sich nach allen Seiten ausbreiten und den Erdboden thatsächlich ins Schwanken bringen, wobei man an den abnehmenden Wirkungen der Erschütterungen die Abnahme ihrer Kraft nach außen hin deutlich bemerkt.

Das Assam-Erdbeben von 1897 richtete größere Zerstörungen auf einem Raume von 500,000 qkm an, wurde auf 4 Mill. qkm gefühlt und war endlich noch in Japan und Europa mikroseismisch zu messen. Omori hat ein derartiges Bild der Abnahme der Erschütterung von der Mitte aus in seiner Schilderung des japanischen Erdbebens von 1891 entworfen: Im Neothale, dem Herzen des Erschütterungsgebietes, erfuhr der Boden Faltungen, Senkungen und wagerechte Verschiebungen, Wälder rutschten an Berghängen herab, und fast kein Gebäude blieb unversehrt (s. die Abbildung, S. 191). In den Umgebungen von Gifu waren 60—80 Prozent aller japanischen Häuser eingestürzt, Eisenbahnen gebogen, Brückenpfeiler zusammengeschoben, Flußbetten um 2—3 m verengert, Dämme zerrissen. In größerer Entfernung waren zwar alle europäischen, aber nur etwa 10 Prozent der japanischen Gebäude zusammengefallen, und in noch größerer waren nur alte Häuser zerstört, die auch einem Wirbelsturm nicht widerstanden hätten. Und wenn es hier auch Erdspalten gab, waren sie doch nicht 3 m, sondern nur einige Zentimeter breit. Noch weiter entfernt, hatten zwar die Leute voll Angst ihre Häuser verlassen, die schwankten und krachten, aber es fielen nur einige Ziegel, und nur die Dorfteiche wurden schlammig von der heftigen Bewegung des Wassers.

Die Erdbebenwellen treten am deutlichsten in größerer Entfernung von einem Erdbebenherde auf. Da fühlen wir uns von einer Seite zur anderen geworfen, wie auf einem Schiff im Sturm, und wir haben das Gefühl, als ob eine Welle uns höbe und dann wieder senkte, als ob sie gleichsam unter unseren Füßen wegginge. Bei dem Erdbeben von Lokris 1893 kamen Stöße vor, nach denen die Beobachter den Eindruck hatten, als führen sie auf einem Grubengestell in einen Schacht; so sank der Boden unter ihren Füßen. Ein Beobachter des großen Alaska-Erdbebens von 1891 beschrieb fußhohe Wellen, welche die Straße hergerollt kamen, in der er stand, ihre Kämme in Abständen von 3—10 m hintereinander. An anderen Orten hat man solche Wellen beobachtet, die nur einige Zentimeter hoch waren. In großer Entfernung vom Erdbebenherd müssen solche Wellen lang und flach sein. Wenn ein japanisches Erdbeben im Boden Europas ausklingt, geschieht es in Wellen, die bis 50 km lang sind, aber mit einer Schnelligkeit von 2—10 km in der Sekunde wandern. Pflanzen sich Erdbebenwellen von einem Rand eines Ozeans zum anderen fort, dann mögen ihre Hebungen über 100 km voneinander entfernt sein.

Sapper schrieb aus Guatemala von einem Erdbeben, das in Coban unwesentlichen Schaden anrichtete, daß man es in den dichten Urwäldern des Nordens schon von weitem wie eine Brandungswelle heranbrausen hörte, noch ehe man es verspüren konnte: die heftige wellenförmige Erschütterung des Bodens rüttelte die mächtigen Bäume und schlug die Äste und Zweige zusammen, wie wenn der Sturmwind durch die Wipfel braust. Als das unheimliche Getöse aus ungefähr Nordosten herangekommen war und seinen Höhepunkt erreicht hatte, wurde zugleich das Erdbeben verspürt; das Brausen der Erdbebenwelle zog aber mit ziemlicher Geschwindigkeit gegen Südwesten durch die Wälder dahin, in der Ferne allmählich ersterbend.

Die Erdstöße pflanzen sich durch die Erde hindurch mit einer Geschwindigkeit bis zu 10 km in der Sekunde fort. Niemals wird sich aber eine Bewegung aus dem Inneren der Erdrinde ungestört nach der Oberfläche zu fortpflanzen können. Jedes erschütterte Erdstück ist aus Massen von verschiedener Dichte und Stärke zusammengesetzt. Die verschiedenen Gesteine leiten die Erdbebenbewegungen mit verschiedener Geschwindigkeit, dichte rascher als lockere, zusammenhängende rascher als wechsellagernde. Je geringer die Verschiebbarkeit der Teilchen, desto rascher geschieht die Fortpflanzung; sie ist also schneller im Fels als in Geröll. Große Hohlräume und Wassermassen sind zu passieren, und die Bewegung springt von einer Erdspalte zur anderen über. Dabei treten diese Verschiedenheiten um so weiter zurück, aus je größerer Tiefe



Wirkungen des Erdbebens von Owari-Mino in Japan, 1891. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 190 und 199.

der Stoß kommt. Bemerkenswert ist, wie häufig man die Fortpflanzung des Erdbebenstoßes durch die feste Erdkruste mit der Geschwindigkeit von etwas über 3 km in der Sekunde gemessen hat; sie entspricht gut der Fortpflanzung eines Stoßes durch Quarz, 3,6. Daher werden bei mehr oberflächlichen, besonders bei vulkanischen Erdbeben selbst Punkte der Erdoberfläche, die nur ein paar Fuß voneinander entfernt sind, nicht gleichzeitig erschüttert; sie werden auch in aufeinanderfolgenden Momenten in ganz verschiedenen Richtungen bewegt. Dabei wird es geschehen, daß eine starke Bewegung sich in mehrere schwache auflöst, daß Stöße zusammenfließen, daß aus zwei aufeinander treffenden Stößen eine Drehbewegung entsteht, oder auch, daß sie einander aufheben oder doch schwächen. So kommt die ungleiche Erschütterung eines Gebietes zu stande mit der Bildung der sogenannten seismischen Brücken, das sind unbewegt bleibende Striche inmitten eines Schüttergebietes, und dem „Wiederaufleben der Kraft“ an vom Zentrum oft weit entlegenen Punkten, wie es Bittner in der Beschreibung des 1873er Erdbebens von Belluno genannt hat. Treffend verglich Milne eine Erdbebenwelle im Boden

von Tokio einer Flutwelle, die einen unregelmäßigen Archipel durchzieht, hier gehemmt und dort beschleunigt. Auch Sprengversuche beweisen, daß die Wellen der Bodenerschütterungen von Vertiefungen leichter aufgehalten werden als von Aufschüttungen, daß weicher, feuchter Boden den langen Wellen von erheblicher Dauer günstiger ist, lockerer, trockener Boden den hohen Wellen von geringer Dauer. Wenn das Charlestoner Erdbeben von 1886 mehr durch die Schuttablagerungen des Mississippi als durch die Felsmassen der Alleghanies in seinem Fortschritt gehemmt wurde und der Pampasboden Argentiniens die Erdbebenwelle auf 1,2—1,3 km verzögert, so sind das nur Fälle der allgemeineren Regel, daß Erdbeben in Schutt- und Schwemmland überhaupt weniger leicht sich fortpflanzen als in Felsenboden. Selbst der Schutt kleiner Flußrinnen kann eine merkliche Hemmung bewirken. Ein Gestein aus wechsellagernden Schichten von verschiedener Dichte leitet in einer Schicht die Bewegung rascher fort als in einer anderen, am raschesten rechtwinklig zum Einfallen der Schichten. Geht die Bewegung ins Wasser über, so pflanzt sie sich langsamer fort, am jenseitigen Ufer erscheint zuerst das durch den Boden gegangene Erdbeben und nach ihm die Flutwelle. Gehen Anstöße vom Meeresboden aus, so spiegeln sich in der Bewegung des Meeres die Bodenschwankungen oft in langen Wellenreihen. Das verheerende Seebeben von Kamaischu auf Hondo zeigte volle 16 Stunden hindurch ein Fallen und Steigen des Meeres um 1,4—2,5 m. Vielleicht gehören zu den Ausläufern der Erderschütterungen auch die Nebelpuffe oder Seepuffe, die in verschiedenen Teilen der Erde als dumpfes Dröhnen empfunden werden und vielleicht manchmal mit leisen Erschütterungen verbunden sind. Die Vergleichung der Zeit des Eintrittes eines Erdbebens an verschiedenen Stationen darf jedenfalls nicht von der unberechtigten Voraussetzung ausgehen, daß jeder Stoß fortgepflanzt werde.

Wenn man den Mittelpunkt oder die Mittellinie eines Erdbebengebietes dort sucht, wo die Zerstörungen am größten und wo sie am frühesten eingetreten sind, scheint es natürlich zu sein, den Ausgangspunkt oder das Ausgangsgebiet unter diesem Mittelpunkt oder dieser Mittellinie zu suchen. Wahrscheinlich geht man in vielen Fällen darin auch nicht fehl. Wenn das Erdbeben kurz, heftig und räumlich beschränkt ist, so daß man das Gefühl hat, es hätte die Erde unmittelbar unter dem Beobachter einen kurzen, aber heftigen Stoß empfangen, täuscht man sich wohl nicht über die Lage des Ausgangspunktes. In solchem Falle kann man dann auch seine Tiefe immer als ziemlich gering schätzen. So halten wir die für einige Erdbeben von Ischia angenommene Tiefe von 500—800 m für nicht unwahrscheinlich. Für ausgebreitete Erbeben, deren Sitz vermutlich viel tiefer liegt, die Tiefe zu berechnen, gelingt dagegen nicht. Es können nur Schätzungen gemacht werden, so wie man z. B. von dem 1897er Erdbeben von Assam, dessen Hauptstoß, wie schon oben erwähnt, völlig gleichzeitig in einem Kreise von 150 km empfunden wurde, einen sehr tiefen Ausgangspunkt von vielleicht 40 km angenommen hat. Alle Methoden zu genauerer Bestimmung leiden aber an unserem Unbekanntsein mit dem Zustande der tieferen Teile der Erde, die dabei in Betracht gezogen werden müssen.

Die Entfernung zwischen der Ruhelage eines Teilchens der Erde und der Lage, die es einnimmt, wenn es in Bewegung ist, gibt das Maß für die Stärke des Erdbebens. Eine Bewegung von 1—2 mm fühlen wir noch; überschreitet sie 10 mm, so ruft sie Zerstörungen hervor. Starke Erdbeben gehen weit darüber hinaus. Es sind Bewegungen bis über 60 mm beobachtet worden, aber die stärksten Bewegungen kommen überhaupt nicht zur Messung, weil sie die Apparate zerstören. In jeder Erderschütterung ist eine senkrechte und eine wagerechte Bewegung; nach zahlreichen Beobachtungen in Tokio verhält sich die wagerechte zur senkrechten

wie 6:1. Bei leichteren Erdbeben ist überhaupt die senkrechte Bewegung manchmal nicht zu messen. So wie man bei Dynamitexplosionen den ersten heftigen Stoß gegen die Ursprungsstelle der Erschütterung gerichtet sieht, man kann sagen einwärts, so ist auch bei Erdbeben manchmal eine stärkere Bewegung auf den Herd zu beobachtet worden, der dann eine leichtere, auswärts gerichtete folgte. Die horizontale Bewegung überdauert in der Regel die vertikale. Bei dem Erdbeben in Tokio am 15. Januar 1887 hörte die vertikale Bewegung nach 72 Sekunden fast ganz auf, während von der horizontalen die ostwestliche noch fortdauerte und erst nach dieser endlich die nordsüdliche erlosch. Gerade das hat zu den verwüstendsten Wirkungen geführt, daß auf Stöße, die Häuser, Felsen, Bäume, Menschen in die Höhe schnellten, gleich Wellen folgten, die sie nach irgend einer Richtung hin umlegten.

Die Dauer der Erdbeben ist in der Regel gering. Starke Erdbeben dauern Minuten, schwache und mittlere zählen nur nach Sekunden. Milne gibt für die mittlere Dauer von 200 Erdbeben in Tokio 118 Sekunden an, für sieben heftige darunter 6 Minuten 13 Sekunden. Das durch seine Verwüstungen berüchtigte kalabrische Erdbeben von 1783 dauerte 2 Minuten.

So wie vor und hinter dem Sonnenspektrum Bänder liegen, die wir nicht sehen, so gehen voraus und folgen den fühlbaren Erdbeben unfühlbare Erschütterungen. Es gibt Erdbeben mit einem Hauptstoß; aber die Regel ist, daß dem ersten Stoß weitere Stöße folgen, von denen schwer die Bewegungen zu trennen sind, die durch die ursprünglichen Stöße hervorgebracht werden. Es finden offenbar manchmal infolge eines ersten Stoßes Verschiebungen, Risse, Einstürze in den tieferen Regionen der Erdrinde statt, die ihrerseits wieder zur Ursache von neuen Erschütterungen werden. Das ist ein Nachzittern. Es „grollt nach“ wie bei einem Gewitter. Das Erdbeben von Assam vom 12. Juni 1897 hatte Nachbeben bis Mitte August, in den ersten Tagen mit 200—300 Stößen an einem Tag. Umgekehrt zeigten die großen kalabrischen Erdbeben sich in der Regel durch Vorbeben an. Dem großen japanischen Erdbeben von 1891 folgten in 10 Tagen 1132 Erschütterungen; zwischen dem 70. und 80. Tage hatte sich ihre Zahl auf 87, zwischen dem 150. und 160. Tage auf 13 vermindert. Was man ein Erdbeben nennt, umschließt also fast immer ganze Reihen von Erschütterungen. Ein Erdbeben, aus zahlreichen Erschütterungen bestehend, von denen keine merklich hervortrat, ist das von Großgerau, wo man vom Oktober bis Ende 1869 über 600 Stöße zählte. Oft trifft es zu, daß der erste Stoß eines Erdbebens der stärkste ist, aber es ist nicht die Regel, am wenigsten bei Einsturzbeben.

Unter Periode eines Erdbebens versteht man die Zeit, die der volle Verlauf einer Erdbebenwelle braucht. Die leichten Erschütterungen oder Erzitterungen, die größeren vorausgehen, haben oft sehr kleine Perioden, zwischen $^1/_5$ und $^1/_{25}$ Sekunde. Ausgesprochene Stöße dauern 2 oder 2,5 Sekunden. Endlich finden wir längere Wellen, die bis zu 4 Sekunden dauern, am Schluß einer größeren Erschütterung. Man kann also sagen, daß im allgemeinen die Periode im Beginn eines Erdbebens mit der Stärke zunimmt, und daß sie gegen das Ende hin noch weiter zunimmt, während die Stärke abnimmt. Mit der Entfernung vom Herde wächst die Zeitdauer der Wellen sehr bedeutend. Das japanische Erdbeben vom 22. März 1894 erzeugte in Tokio Wellen von 3,6, in Italien von 16 Sekunden.

Die Erderschütterungen legen in der Sekunde innerhalb mäßiger Entfernungen Wege von 2—3 km zurück. Mit der Entfernung vom Ausgangspunkte wächst die Geschwindigkeit; doch sind die Beobachtungen noch nicht reif für Verallgemeinerungen. Durch den Stillen Ozean von Santiago in Chile nach Tokio haben sich Erdbeben mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 16—19 km in der Sekunde verbreitet.

Die Häufigkeit der Erdbeben.

Über die Häufigkeit der Erdbeben hat man erst ein Urteil gewonnen, seitdem man anfing, systematisch in ausgedehnten Gebieten zu beobachten. Solange man nur die auffallenden Erdbeben verzeichnete, mußte man sie für selten halten; sie galten für höchst ungewöhnliche Ausnahmen von dem ruhigen Gang der Natur. Man erkennt aber schon das Unbegründete dieser Ansicht, wenn man Jahresreihen von Erdbebenbeobachtungen vergleicht, die ungemein verschiedene Ergebnisse liefern. Wir sagen uns, es ist unwahrscheinlich und jedenfalls der ungleichen Beobachtung zuzuschreiben, wenn in Griechenland 1893: 876, 1897: 237, aber im Durchschnitt der Jahre 1893—98: 531 Beben beobachtet worden sind. So ist es auch. In Ländern, wo die Erdbebenbeobachtung am gründlichsten geübt wird, wie in Italien, Japan, der Schweiz, ist das Bild ganz anders. In deren Berichten sieht man sogleich, daß Erdbeben sehr häufig sind, und damit wird dann auch klar, daß sie durchaus nicht so ungleichmäßig verteilt sind und so unerwartet auftreten, wie man früher meinte. Im Gegenteil. Es liegt gerade in der Natur der Erdbeben, daß schlag- oder stoßartige Erschütterungen, heftige, kurze und engräumige, selten sind. Die Regel ist die allmähliche Auslösung der erdbebenerzeugenden Spannungen durch eine Reihe von leichteren Erschütterungen.

Nachdem die drei furchtbaren Stöße des Lissaboner Erdbebens vom 1. November 1755 in fünf Minuten ihre Verwüstungen angerichtet hatten, folgte noch eine ganze Reihe von Erschütterungen im Laufe des November und Dezember, von denen ein Stoß am 9. Dezember fast ebenso stark war wie die ersten. Kalabrien zählte in dem Jahre seiner stärksten Erdbeben, 1783, 950 Erschütterungen, darunter fünf sehr starke, und in den drei folgenden Jahren 144, 56 und 42. Schwächere Erdbeben ziehen sich durch Jahre hin, treten in „Erdbebenschwärmen" auf. Das Erdbeben von Visp (Wallis), das im Juli 1855 begann, währte 4 Monate, aber es kamen Stöße nach längeren Pausen noch 1857 vor. Das 1873er Erdbeben von Belluno dauerte vom März bis zum Dezember. In der Gegend von Großgerau währten die 1869 beginnenden Erschütterungen bis Ende 1873; sie waren übrigens in dieser Gegend schon 1588 und 1765 aufgetreten. Es gibt aber auch Beispiele von Erdbeben aus einem einzigen Stoß oder aus wenigen scharf abgeschnittenen Stößen. Das Erdbeben von Charleston (Südkarolina) von 1886 bestand aus zwei Stößen von 50 Sekunden Dauer zusammen; 8 Sekunden nach dem zweiten Stoß war vollständige Ruhe eingetreten.

Wir wissen ungemein wenig von der Verteilung der Erdbeben über größere Zeiträume. Es ist wahrscheinlich, daß es für ein und dasselbe Gebiet große Schwankungen gibt. Konstantinopel scheint bis ins 11. Jahrhundert n. Chr. häufiger von Erdbeben heimgesucht worden zu sein als später; ähnliche Meinungen lassen sich von anderen Gebieten aussprechen. Aber zu einem sicheren Schlusse genügen nicht die Beobachtungen der früheren Jahrhunderte, die nur die auffallendsten Erschütterungen verzeichnen, und auch diese nicht vollständig.

Erdbebengebiete.

(Vgl. die beigeheftete Karte „Die Verbreitung der Erdbeben, Seebeben und Vulkane".)

Früher wurden über die Ausdehnung der Erschütterungsgebiete nur allgemeine Angaben gemacht, deren Kritik auf Grund der alten Beobachtungen nicht möglich war. Die Verbesserung der Erdbebenmesser hat auch darin einen großen Fortschritt erzielt, daß noch die letzten und feinsten Spuren einer Erschütterung erkannt werden. Der Streit, ob eines der älteren Erdbeben über 15 oder 30 Mill. qkm sich bemerklich gemacht habe, erscheint ganz



VERBREITUNG DER
ERDBEBEN, SEEBEBEN
UND
VULKANE.
Erklärungen:
Relative Häufigkeit und Stärke der Erdbeben.
Thätige Vulkane auf dem Festland.
Seebeben (Submarine Erdbeben)
Unterseeische vulkanische Ausbrüche
Grenze der Erdbebenwellen auf dem Meere
1872 Vulkanische Schüttergebiete
1763 Schüttergebiet bedeutender Erdbeben
(Die eingeschriebenen Zahlen bezeichnen die Jahreszahlen).
Seismisches u. eruptives Gebiet der Azoren.
Azoren
Madeira
Tiefenlinie
NÖRDLICHES EISMEER
STILLER OZEAN
ODER SÜD-SEE
POLYNESIEN
NORD-AMERIKA
AUSTRALIEN
Neu-Sibirische Iⁿ
Bennett I.
Wrangel I.
Werchojansk
Jakutsk
Stanowoi-Geb.
Ochotsk
Ochotsk. Meer
Sachalin
Kamtschatka
Petrowpawlowsk
Kurilen
Wladiwostok
Peking
Japan. M.
Jesso
Nippon
Tokio
Japanische Iⁿ
31. Aug. 1896
Formosa
Philippinen
Manila
Borneo
Celebes
Java
Batavia
Timor
Torres-Str.
Neu-Guinea
Bismarck-Arch.
Salomonen
N. Hebriden
N. Kaledonien
Viti Iⁿ
Samoa Iⁿ
Tonga-Iⁿ
Kermadec Iⁿ
Neu-Seeland
Nord Ins.
Süd Ins.
Auckland
Chatham Iⁿ
Tasmanien
Sydney
Brisbane
Adelaide
Melbourne
Perth
Tambora Jan. 1815
Karolinen
Ladronen
Marshall Iⁿ
Gilbert Iⁿ
Wake
Bonin Iⁿ
Ganges
Sandwich Iⁿ
Hawai
Johnston
Fanning
Christmas
Äquator
Societäts Iⁿ
Tahiti
Markesas Iⁿ
Paumotu- oder Niedrige Iⁿ
Austral Iⁿ
Oster I.
Sala y Gomez
S. Ambrose
Juan Fernandez I.
Galapagos Iⁿ
Bering-Meer
Aleuten
Alaska
Eliasb.
Rocky Mountains od. Felsen-Geb.
Vancouver I.
S. Francisco
Kalifornien
Mexiko
Popocatepetl
Cosegüina Jan. 1835
Hudson-Bai
Winnipeg
Banks-Ld.
Melville-Sd.
Parry-Iⁿ
Ellesmere-Ld.
Chimborazo
Bibliographisch



Seismische Zone des St. Pauls Felsens und des äquatorialen Gebietes.
Grönland
Atlantischer Ozean
Europa
Russland
Asien
Afrika
Indischer Ozean
Spitzbergen
Franz-Josef-Land
Lappland
Arabien
Ägypten
Wüste Sahara
Sudan
Vorder-Indien
Hinter-Indien
Tibet
Iran
Turan
Südlicher Polarkreis

in Leipzig.

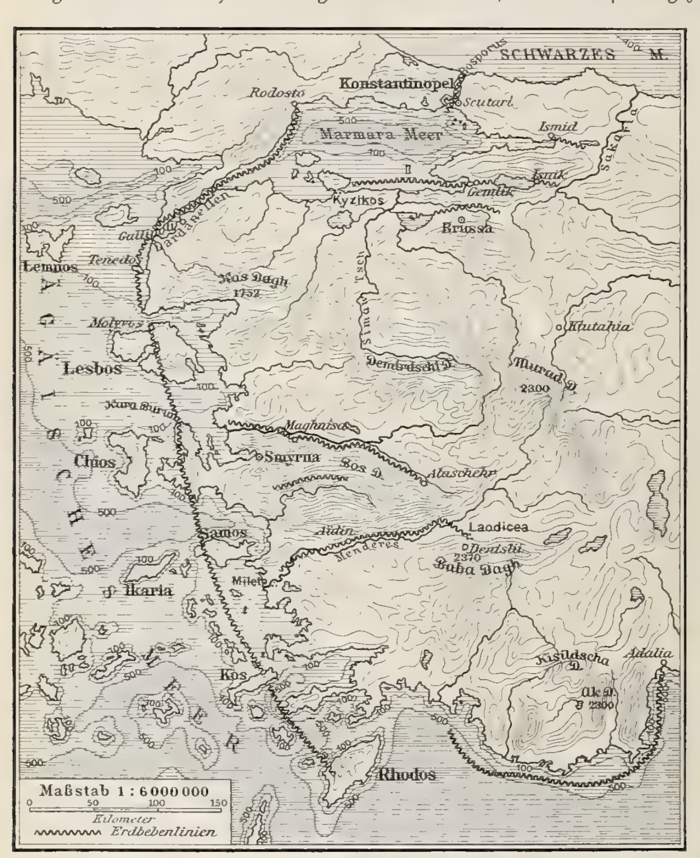
müßig, wenn wir mit hoher Wahrscheinlichkeit die Ausbreitung des großen argentinischen Erdbebens von 1895 über die ganze Erde nachweisen können. Es liegen Beobachtungen über Erschütterungen, die damit in Zusammenhang stehen, aus Tokio und Rom vor. Beim Fortschritt der Beobachtungen wird es möglich werden, ein Ursprungsgebiet und ein Fortpflanzungsgebiet, primäre und sekundäre Erdbeben, zu trennen. Wenn zur Zeit der sogenannten Lissaboner Erdbeben von 1755 solche auch in den Alpen auftraten, die ihren Stoßpunkt im Mittelwallis hatten, wenn zur selben Zeit die Quellen von Teplitz versiegten und dann durch Eisenocker gefärbt zurückkehrten, und wenn gleichzeitig auch in dem südlichen Teil der Niederlande die Erde erschüttert wurde, so kann man nur an örtliche Erschütterungen denken, deren nähere Ursachen durch den von ferne her wirkenden Stoß ausgelöst wurden. Diese abhängigen und jenes große, ihnen vorausgegangene Erdbeben sind aber dann nicht zusammenzuwerfen.

Wenn auch die Erdbebengebiete nicht fest zu umgrenzen sind, da sie ruhige Räume mit einschließen, während anderseits einzelne außenliegende Gebiete noch mit erschüttert werden (Erdbebeninseln und -brücken, vgl. S. 191 und 196), die oft nur durch schmale erschütterte Streifen mit dem Hauptgebiet verbunden sind, und da ferner einzelne Wirkungen oder Folgen, wie die Flutwellen, eine weltweite Verbreitung finden können, so sind doch in vielen Fällen die Gebiete mit ziemlich großer Sicherheit auszumessen. So finden wir, daß das Charlestoner Erdbeben von 1886 ein Gebiet von 2,3 Mill. qkm in Bewegung setzte, während das von Ischia vom 28. Juli 1883, wodurch Casamicciola vollständig zerstört wurde, nicht über den kleinen Bereich der Insel hinausreichte. Das mittelschlesische Erdbeben von 1895 erschütterte ein Gebiet von 25,000 qkm, das schwache mitteldeutsche von 1872 wurde dagegen auf einer Fläche von 170,000 qkm, das ist der dritte Teil des Deutschen Reiches, beobachtet. Früher hat man durch Einrechnung von Flutwellen und dergleichen zu große Gebiete als Empfänger der unmittelbaren Wirkungen einzelner Erdbeben in Betracht gezogen, z. B. 38 Mill. qkm für das von Lissabon von 1755, wo für die sicheren Spuren höchstens 16 Mill. qkm angenommen werden können, anderseits wieder haben erst die genauen Instrumente gestattet, in unseren Tagen die japanischen Erdbeben von 1891 und 1894 in Potsdam und Wilhelmshaven zu beobachten.

Gegen alle Erwartung sind in Bezug auf Größe die Gebiete der Erdbeben durchaus nicht abhängig von der Stärke der Bewegung. Es gibt heftige Erschütterungen, die örtlich beschränkt sind, ein leichtes Erzittern kann dagegen über ganze Erdteile ausgebreitet sein. Man begreift dies, wenn man erwägt, daß das Ausgangsgebiet eines starken Erdbebens vielleicht 100 m unter der Erdoberfläche liegt, während dieses leichte Erdbeben aus mehr als hundertfacher Tiefe heraufdringt. Im allgemeinen weisen vulkanische Erdbeben viel kleinere Gebiete als andere auf. Die vulkanische Explosion des Bandai in Japan (1888), die einen halben Berg in die Luft warf, hatte einen ganz örtlichen Charakter. Wenn man von einem starken Erdbeben spricht, denkt man an die Stärke der Äußerung im Mittelpunkt, eigentlich sollte aber auch die räumliche Verbreitung mit herangezogen werden, denn es ist ein Unterschied zwischen dem Erdbeben von Lissabon, das 2000 km Radius hatte, und dem von Ischia von 1883, das, so verwüstend es war, schon in Neapel nicht mehr verspürt wurde. Der Tiefenlage seines Herdes entspricht die Fortpflanzung eines Erdbebenstoßes, die ebenfalls rascher in der Tiefe als weiter oben vor sich geht. An der Erdoberfläche beobachtet man Geschwindigkeiten von 300—1000 m in der Sekunde. Wenn leichte Erzitterungen sich viel rascher, bis zu 10 km in der Sekunde, fortpflanzen, so liegt der Grund darin, daß sie das Ausklingen einer Erschütterung in großer Tiefe sind. Für die Tiefenlage des Ausgangsgebietes können wir nur die allgemeine Behauptung aussprechen, daß sie

verhältnismäßig gering ist. Man hat schon Tiefen von nur 100 m bestimmt, und wahrscheinlich sind Tiefen über 40 km nur in seltenen Fällen anzunehmen.

Viel interessanter als die Ausdehnung des Erschütterungsgebietes ist seine Lage und Gestalt. Geht die Erschütterung von einem punktähnlich engen Gebiete aus, so strebt sie, sich nach allen Seiten gleichmäßig auszubreiten, was aber wegen der verschiedenen Leitungsfähigkeit der Gesteine nicht gleichmäßig geschehen kann: zentrales Erdbeben. Geht die Erschütterung von einer Reihe von engen Gebieten aus, die linienförmig zusammenhängen, so wird das Erschütterungsgebiet entsprechend verlängerte Gestalt haben: lineares Erdbeben (s. die nebenstehende Karte). Wird aber ein größeres Gebiet fast gleichzeitig in allen seinen Oberflächenpunkten erschüttert, so ist das Ausgangsgebiet dasselbe wie das Erschütterungsgebiet: flächenhaftes Erdbeben. Das Überspringen der Erdbeben zwischen entfernten Punkten erzeugt auffallend unregelmäßige Gebiete. Wenn dieses Überspringen sich wiederholt, so wird dadurch das Vorhandensein von Verbindungen bewiesen, von denen an der Erdoberfläche keine Spur ist. Als Beispiel mag dafür gelten, daß mehrmals die Insel Juan Fernandez bei chilenischen Erdbeben stärker mitgenommen wurde als festländische Punkte, die dem Stoßpunkte näher waren. Eine ähnliche Erscheinung ist die größere Häufigkeit der durch das Jonische Meer von Griechenland nach Italien sich verbreitenden Erdbeben in Italien, verglichen mit den im Boden der Apenninenhalbinsel entstehenden, ein Plus, für das wir einstweilen keine Erklärung haben. Rudolph hat für das erdbebenreiche Zante die Herkunft der Erschütterungen nach der Häufigkeit geordnet. Er erhielt folgende Reihe: Kephallenia, Golf von Patras, Messenien, Kreta, Peloponnes, Santa Maura, Leukas und Epirus, Süditalien, Kleinasien, Albanien und Dalmatien, Korfu, Attika und Böotien. Ganz besonders unregelmäßig scheinen die Erdbebengebiete dann zu sein, wenn der Ausgangspunkt im Meere liegt, wie bei den neuseeländischen, die in der Mehrzahl auf ein Zentrum in der Cookstraße zurückführen.



Erdbebenlinien im vorderen Kleinasien. Nach Otto Weismantel.
Vgl. Text hier und S. 202.

Wirkungen der Erdbeben an der Erdoberfläche.

Die Wirkungen der Erdbeben zeigen sich hauptsächlich an der Erdoberfläche. Im Erdinneren pflanzt sich die Bewegung von einer Gesteinslage zur anderen fort und wird selten auf Hohlräume treffen, wo sie Einstürze bewirken kann. Sowie sie aber an die Erdoberfläche tritt, ändern sich die Verhältnisse. Die Gegenstände an der Erdoberfläche sind die letzten in der Reihe der Fortpflanzung, nichts hemmt ihr Fortrücken in der Richtung des Stoßes. Sie schwingen



Das Hospiz Monte della Misericordia auf Ischia nach dem Erdbeben vom August 1883. Nach Photographie.

ins Freie hinaus: die Macht des Stoßes übertrifft das Maß der Kraft, die sie zusammenhält. Daher ein Heben auf einen Stoß von unten und der Versuch des seitlichen Ausweichens beim Auftreffen einer Welle, und darauf folgend dann noch die notwendigen Gegenbewegungen, ein Zurückfallen in die Schwerpunktslage, das oft zerstörender wirkt als der Stoß selbst. Dazu kommt noch, daß die Gegenstände an der Erdoberfläche locker stehen, wenig zusammenhängen und von ganz verschiedener Leitungsfähigkeit sind. So folgen auf Erdbebenstöße und -Wellen oft große Zerstörungen, die größten unter den wenig tief wurzelnden Werken des Menschen. Häuser oder nur ihre Dächer werden in die Höhe geworfen, zertrümmern beim Rückfall oder klaffen auf (s. die obenstehende Abbildung). Wellenbewegungen des Bodens gehen unschädlich vorbei, wenn die Gegenstände ihnen folgen können, sie wirken dagegen verwüstend, wo die Gegenstände so stehen, daß nicht alle ihre Teile der Richtung der Wellen gleichmäßig nachgeben.

Die Gegenbewegungen der vom Erdbeben erschütterten Teile der Erdoberfläche werden um so stärker sein, je höher diese Teile über die Erde hervorragen. Daher stürzten bei Erdbeben, die in nahen Bergwerken kaum merklich waren, Türme und Schornsteine ein. Die Laibacher Erdbeben waren in 200 m tiefen Schächten fast unbemerkbar, und es sind keine auffallenden Veränderungen, die von ihnen herrühren, in den Karsthöhlen nachgewiesen worden. Dagegen zeigt uns die untenstehende Abbildung des Domes von Leon nach dem Erdbeben von Nicaragua von 1896 das Kreuz, das den Giebel krönt, gedreht, während die Kirche sonst wenig Veränderungen erfahren hat. Bei dem Erdbeben von 1897 wurden in Kalkutta die europäischen Quartiere sehr mitgenommen, die der Eingeborenen fast verschont: jene bestehen aus einzelnen Steinhäusern, diese aus einem Gewirr niedriger, dicht aneinander gebauter Hütten. Stöße unmittelbar von unten wirken natürlich unterschiedslos explosiv auf alles, worauf sie treffen. A. von Humboldt berichtet von einem solchen explosionsartigen Erdbeben, das 1797 in Riobamba Leichname der Einwohner bis auf einen mehrere hundert Fuß hohen Hügel schleuderte.



Die Kathedrale von Leon in Nicaragua nach dem Erdbeben vom 29. April 1898 (verbogenes Kreuz). Nach einer Photographie von B. Mierisch.

So wie die Erdbeben Dächer und Schornsteine abheben und einstürzen machen, bringen sie Felsmassen auf lockerer Unterlage zum Sturz, zerreißen solche, die schon zerklüftet sind und zerklüften zusammenhängende. Erdbeben zersprengen Bergkanten wie mit Pulver; solche Sprengungen verwandeln die Oberfläche von Felsplatten und Felskämmen in Felsenmeere. Ein Erdbeben stürzte am 11. November 1593 die mittlere der Drei Schwestern am Glärnisch ins Thal, und kleinere Ablösungen folgten bis zum 2. Juli 1594 unter Krachen, aber ohne Bergsturz; unterhalb der Drei Schwestern öffneten sich Spalten, worauf am 3. Juli die in Bewegung geratene Masse unter Mitreißung der „unteren Schwester" zu Thale ging. Solche Bergstürze haben nicht selten zu weiteren Zerstörungen geführt, indem das herabkommende Trümmerwerk Thäler ausfüllte und deren Flüsse so aufstaute, daß verheerende Schlammströme und Überschwemmungen entstanden.

Erdbeben machen ferner den Boden aufklaffen: Hore erzählt von einem Erdbeben in Udschidschi am 10. August 1880, das quer durch die Ortschaft eine Spalte von 5 km Länge riß. Anderseits wird unter den Folgen des japanischen Erdbebens von 1891 die Verkürzung von Bodenflächen von 10 auf 7 m und die Verringerung des Abstandes von Brückenpfeilern um

1—2 Prozent verzeichnet. Zwei Bäume bei dem Dörfchen Jobara, die ostwestlich voneinander standen, fand man nach dem Erdbeben nordsüdlich gestellt, einige vorher festgelegte Punkte zeigten sich um 2 m verschoben; s. die untenstehende Abbildung. Bei dem Erdbeben von Quetta (im Norden Belutschistans) von 1892 wurden Eisenbahnschienen geknickt, unter denen eine Spalte durchlief, und bei der Neulegung der Linie beobachtete man Kürzung um 80 cm und Senkung der einen Seite um 30 cm. Aus vielen Erdbebengebieten werden dauernde Verschiebungen gemeldet, aber selten sind sie so genau festzustellen, wie 1892 in Sumatra, wo ein Erd-



Eine Erdbebenspalte in Midori, Japan (1891). Nach B. Kotô.

beben ein Gebiet betraf, in dem gerade trigonometrische Messungen vorgenommen wurden. Im Flachland treten an die Stelle der Abstürze und Einstürze die Zerklüftungen, und das aus der Erde herausgepreßte oder auf der Erde aufgedämmte Wasser bewirkt Überschwemmungen oder bildet Schlammströme. In Island hat man das Grundwasser mehrere Meter hoch aus Erdbebenspalten emporspritzen sehen, gemischt mit Schlamm und Steinen. Die Thermen von Ädipsos auf Euböa wurden durch das Erdbeben von 1894 so vermehrt, daß sie als rauschende Bäche ins Meer stürzten. Bei dem kolumbischen Erdbeben von 1827 wurden große Massen Kohlensäure ausgehaucht. Unvermittelt auftretende Sandsteingänge in kretazischen Schiefern Kaliforniens deutet man als Erdbebenspalten, die von unten her mit Sand gefüllt wurden.

In der Nähe des Meeres, an Fluß- und Seeufern kommen Einstürze und Abrutschungen vor. Die Erdbebenspalten erreichen im Flachland oft eine große Ausdehnung und wiederholen sich in parallelen Reihen unter Abnahme der Größe (vgl. die Abbildung, S. 191). Das

japanische Erdbeben von 1891 hat einen Einbruch von 6 m Breite und 70—100 km Länge erzeugt. Beim Erdbeben von Kalabrien im Jahre 1783 sah man mehrere Spalten sich öffnen, darunter eine bei Cergulli von 2 km Länge, 10 m Breite und 40 m Tiefe. Das Erdbeben in Lokris von 1894 riß eine 21 km lange Spalte infolge einer Schuttrutschung parallel der Straße von Euböa. Senkungen des Meeresbodens als Folge von gleichen Ereignissen sind öfters berichtet worden, und es sind dafür Größen von 100—300 m angegeben worden; aber es ist schwer, ihren Betrag genau festzustellen, und man muß sich mit der allgemeinen Thatsache begnügen. Zerreißungen von unterseeischen Kabeln wurden öfters berichtet. Die unmittelbare Wirkung der Erdbeben auf die Küstengestaltung zeigt das Versinken der Schuttküste von Ägion (Golf von Korinth), die sich 1861 in einen 13 km langen Spalt von der Felsgrundlage ablöste und ins Meer tauchte, oder jene Versenkung, die 1819 im Rann von Katsch (Vorderindien) aus einigen tausend Quadratkilometern Land eine Bucht von durchschnittlich 5 m Tiefe machte.

Das Erdbeben von Concepcion am 20. Januar 1833 war in jenem Teil von Chile von einer Hebung um 3—4 m begleitet. Von einer Insel des Chonosarchipels (Chile) erzählt Darwin, daß sie damals um 2,5 m gehoben worden sei. Über Hebungen bei vulkanischen Erschütterungen haben wir im vorigen Abschnitte berichtet. Die Bodenbeschaffenheit ist natürlich von Einfluß auf die Wirkungen der Erdbeben, die immer heftiger den lockeren als den Felsenboden erschüttern, was bei Bauanlagen in Erdbebengebieten wohl zu beachten ist. Drastisch ist der Fall, den Partsch von einem Dorf auf Leukas erzählt, das halb auf Kalk und halb auf lockerem Schiefer und Mergel steht: bei Erdbeben wird immer dieser letztere Teil stärker mitgenommen als der auf Kalk.

Die Verheerungen durch Erdbeben gehören immer mehr den Nebenerscheinungen als den Stößen selbst an. Überschwemmungen und Feuersbrünste, durch Erdbeben bewirkt, haben stets größere Opfer an Menschenleben gefordert, als die ursprüngliche Naturerscheinung. Das Größte, was die Erschütterung in einer einfachen Ebene bewirken kann, sind Klüfte im Boden und Senkungen, und diese sind selten verderblich. Wenn als Opfer des Erdbebens vom August 1868 an der Westküste von Südamerika mehr als 70,000 Menschenleben angegeben wurden, so sind es die fallenden Mauern der zerstörten Städte und Dörfer und die über die Küsten hereinbrechenden Fluten gewesen, unter denen die große Mehrzahl von ihnen begraben wurde. Bei dem furchtbaren Erdbeben, das 1783 Kalabrien verwüstete, kam die größte Zahl der Menschen durch eine Flutwelle ums Leben, welche die Flüchtlinge aus dem zusammenstürzenden Reggio vom Strande des Meeres wegriß. Außerdem war dieses Erdbeben auch besonders wegen der Dauer seiner Stöße, bis zu 2 Minuten, und wegen des Aufbaues des betreffenden Landstriches aus weichen Gesteinen so verwüstend. Wenn in dem erdbebenarmen Jahre 1870 in Italien durch Erdbeben 2225 Häuser zerstört, 98 Menschen getötet und 223 verwundet wurden, so waren die Tötungen und Verletzungen fast alle das Werk der einstürzenden Häuser. So war es bei dem großen japanischen Erdbeben von 1891, das 7279 Menschen tötete, 17,393 verwundete und 270,000 Häuser und Hütten zerstörte oder stark beschädigte.

In Ländern, wo Erdbeben häufig sind, hat man Erfahrungen über ihre Haus und Leben gefährdenden Wirkungen gesammelt und daraus Lehren zu ziehen versucht. Man weiß, daß auf felsigem Baugrunde die Häuser sicherer stehen als auf lockerem, auf Flächen sicherer als an Abhängen, daß sie leichter zertrümmert werden, wenn sie einfach auf den Boden, statt auf tiefe, feste Grundmauern gebaut sind. Großen Gefahren sind Bauten auf hohen Flußufern und in tiefen Lagen an Küsten ausgesetzt. Die Art der Beschädigung der Gebäude lehrt, daß die oberen Stockwerke und das Dach so leicht wie möglich und die Verbindungen zwischen Haus und Dach widerstandsfähig gegen den Stoß sein sollten. Reihen von Thüren und Fenstern übereinander begünstigen, wie die Lochreihen der Briefmarken, den Riß in

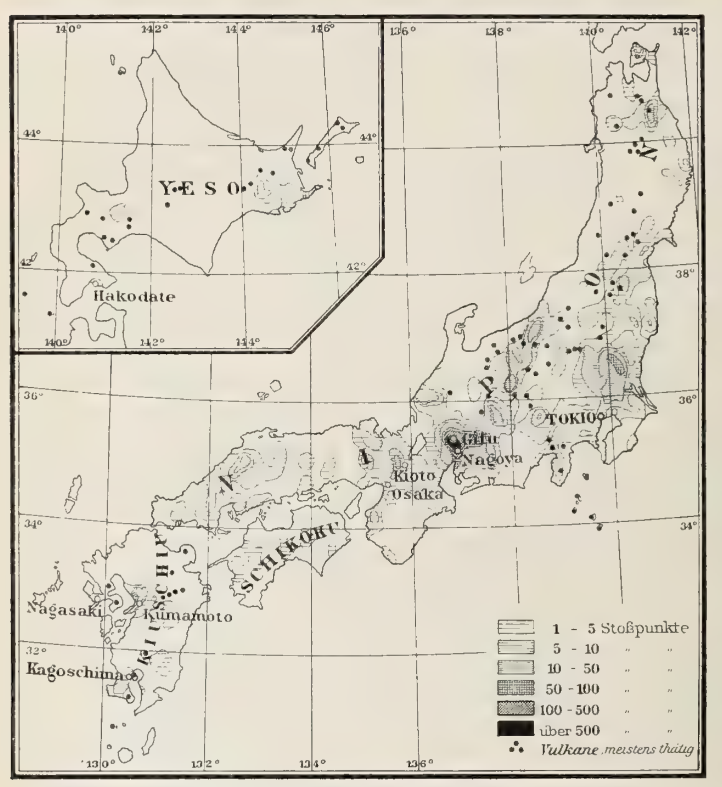
einer Richtung. Große Ungleichheit des Baumaterials bewirkt, daß das eine gegen das andere schwingt, und so ein Teil des Hauses den anderen zerstört; Holzwerk zerstört auf diese Weise Mauerwerk, bleibt aber selbst erhalten. Eine große Reihe von Vorschriften sind in Erdbebenländern erlassen worden, um gefährliche Bauweisen hintanzuhalten; auch hat sich die Sitte selbständig die Erfahrungen der Jahrhunderte nutzbar zu machen gesucht. Der Anblick der Städte in Süditalien, an der Westküste Südamerikas, auf den Philippinen, in Japan zeigt, wie man vereinzelte hohe Steinbauten, schlanke Türme, hohe Schornsteine vermeidet. Man kommt auf fest fundierte Baracken, wie in Italien, oder auf locker gefügte Holzbauten, wie in Japan, zurück. Schwere Dächer verschwinden mehr und mehr.

Die geographische Verbreitung der Erdbeben.

Die Erdbeben sind nicht eine vereinzelte Erscheinung, die man untersucht wie einen Berg oder See, sondern eine Äußerung der verschiedensten, die Erdoberfläche und die nächsttieferen Schichten verändernden Kräfte. Man muß sie als Symptome auffassen. Die Erdbeben folgen notwendig aus dem Bau der oberen Schichten des Erdballs. Weil diese nicht einförmig starr, sondern von wechselnder Dichtigkeit, von Wasser und Gasen durchzogen und von verschiedener Wärme sind, sind in ihnen Erschütterungen gewöhnlich. Nicht einem Felsball ist die Erde zu vergleichen, sondern einem Trümmerwerke von größeren und kleineren, dichteren und lockeren, härteren und weicheren Gesteinsbruchstücken. Keine der geologischen Formationen nimmt in ganz gleicher Form einen erheblichen Teil der Erde ein. Es ist ein beständiger Wechsel, eine allgemeine Zersplitterung. Man muß eine geologische und Gesteinskarte großen Maßstabes betrachten, um zu sehen, wie bunt auf engem Raum die Erde zusammengesetzt ist. Jedes Stück Erdboden ist daher auch von zahlreichen Spalten durchsetzt, die sich verzweigen und sich vereinigen; an sie schließen die Erschütterungen sich an. Eine Spalte ist immer ein Raum geringeren Widerstandes. Räume geringsten Widerstandes und darum den häufigsten Erschütterungen ausgesetzt sind besonders die Vulkanspalten. Entlang allen Vulkanreihen wandern die Erdbeben, und in diesem Sinne spricht der große Erdbebenkenner Italiens, De Rossi, sogar von seismischen Strömungen (correnti sismiche). Einen Gegenstand künftiger Forschungen wird die Feststellung des Verhaltens der Erdbeben bei der Kreuzung solcher „Strömungen" bilden. Das Eindringen heißflüssiger Gesteinsmassen in solche Spalten der Erdrinde muß Erdbeben, Intrusionserdbeben, erzeugen, die von Erdbeben längs Gebirgsfalten oft schwer zu unterscheiden sein werden.

Die Beziehungen zwischen Vulkanen und Erdbeben sind auf den ersten Blick sehr einfach (vgl. das Kärtchen, S. 203). Alle Vulkangebiete sind zugleich Erdbebengebiete. Die drei Mittelmeere sind reich an Erdbeben wie an Vulkanen. Die vulkanischen Neuen Hebriden sind eines der stärksten Erdbebengebiete. Die fünf Erschütterungskreise, in die man Java zerlegt, schließen sich an die bedeutendsten Vulkane dieser Insel an. Erdbeben gehen Vulkanausbrüchen voraus, begleiten sie und folgen ihnen. Nicht selten sind die Fälle, wo Vulkanausbrüche in einer Gegend mit Erdbeben in einer anderen zeitlich fast genau zusammenfielen. So war mit dem höchst verderblichen Erdbeben von Carácas (Venezuela) im Jahre 1811 ein Vulkanausbruch auf der westindischen Insel St. Vincent verbunden. Aber darum braucht hier nicht jedes Erdbeben vulkanisch zu sein; die kalabrischen hängen z. B. weder mit dem Ätna noch mit den Liparen zusammen. Erdbeben in Vulkangebieten erinnern in ihrer Heftigkeit, beschränkten Verbreitung und kurzen Dauer an die Vulkanausbrüche selbst. Die heftige Erschütterung Pantellerias bei dem submarinen Ausbruche von 1891 wurde selbst am Südostende der Insel nicht mehr empfunden. Einzelne Vulkaninseln, wie Ischia (vgl. das Kärtchen, S. 203) oder die Weihnachtsinsel, erfahren

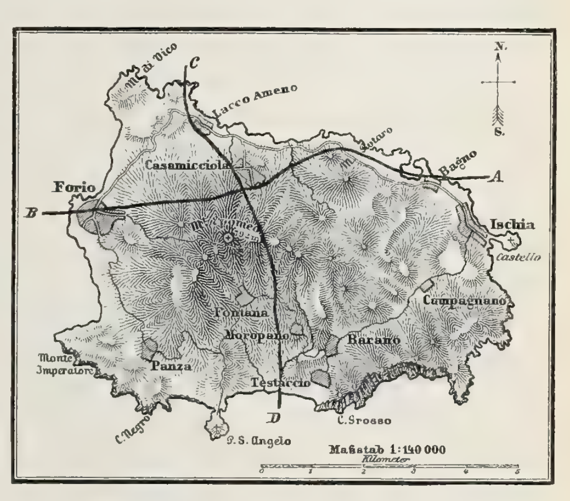
auch vereinzelte Erschütterungen. Die Zusammenhänge mögen aber manchmal tiefer liegen und brauchen nicht gerade durch das Zusammentreffen von Erdbeben und Vulkanausbrüchen bezeugt zu werden. Beim Herantreten glühendflüssiger Gesteinsmassen in die Nähe der Erdoberfläche können Erschütterungen auch ohne Ausbrüche ausgelöst werden, und gerade bei weitverbreiteten Erdbeben mag die Erschütterung aus dem Magma stammen. Ist vielleicht in solchem Zusammenhang das Auftreten großer Erdbeben an der Küste von Chile in großen Pausen zu erklären, hier von neun Jahren, wie man sie auch bei Vulkanausbrüchen beobachtet? Oder können damit die kleinasiatischen Erdbeben in Bruchgebieten erklärt werden, deren Grenzen durch die Ergüsse jüngerer vulkanischer Gesteine bezeichnet werden?



Erdbebenverteilung in Japan während der Jahre 1885/92. Nach Charles Davison.

Auch in dem Zusammenhang mit Meer und Küste zeigen die Erdbeben ihre Verwandtschaft mit den vulkanischen Erscheinungen. Diese sind aber dabei nicht die Ursache der Erdbeben, sondern Vulkanismus und Erdbeben wurzeln beide im Gebirgsbau. (Vgl. oben, S. 185 u. f.) Vor allem erdbebenreich sind Insel- und Halbinselländer mit steilen Küsten, wo neuere Brüche schroffe Abfälle zum Meeresboden erzeugen. Egynitis' Erdbebenkatalog gibt für Griechenland 3187 Erdbeben in den 6 Jahren 1893—98 an. Griechenland wäre also das erdbebenreichste Land der Welt und in Griechenland wieder am erdbebenreichsten die Inseln: Zante hatte in dieser Zeit 2018 Stöße. Milne fand, daß von 387 Erdbeben, die im Zeitraume von zwei Jahren (1881—1883) im nördlichen Japan beobachtet wurden, 84 Prozent ihren Ursprung am Meeresboden oder an der Küste hatten, und von den 15 seismischen Bezirken, in die Japan geteilt wird, gehören 11 der steil in den Stillen Ozean abfallenden Ostküste an (s. das obenstehende Kärtchen). Dem größten Erdbebengebiete des Sunda-Archipels entsprechen genau die Westseiten von Java und Sumatra, die dem Ozean zugewandt sind, zu dem sie steil abfallen. Die Erdbebengebiete der Iberischen Halbinsel, die zu den meisterschütterten Europas gehören, liegen in dem Teile, wo die Küste von Almeria, Murcia, Alicante stufenweise abgesunken ist, und die erdbebenreiche ionische Küste ist eine ausgesprochene Steilküste. (Vgl. auch die Karte von Kleinasien, S. 196.)

Die stärksten neuseeländischen Erdbeben haben ihren Ausgangspunkt in der Cookstraße, die griechischen und süditalienischen im Jonischen und Kretischen Meere, das 1898er Erdbeben von San Francisco hatte seinen Sitz in der Bai. Auch die Aufhäufung von Niederschlägen an den Küsten bewirkt Erderschütterungen, indem sie Massen von lockerem Zusammenhang übereinanderlagert und dadurch Druckverschiedenheiten und Massenbewegungen hervorruft. Wenn die Erdbeben an steil abfallenden Küsten und auf dem Boden des davorliegenden Meeres immer am heftigsten auftreten, so muß überhaupt im Steilabfall ein Motiv der Verstärkung der Erderschütterungen liegen, und das ist nur so denkbar, daß jener nicht vollkommen fest liegt, sehr häufig große Spannungen umschließt und unter allen Umständen große Wärmeunterschiede nebeneinanderlegt, wie wir oben (S. 109) gesehen haben.



Karte der Insel Ischia. A—B, C—D Verlauf der von Balbacci angenommenen Spalten. Vgl. Text, S. 201.

Den Zusammenhang der Erdbeben mit der **Bodengestalt** zeigt die Erdbebenstatistik klar. Wir sehen, daß in Rußland in den Kaukasusländern 6,4 Erdbeben im Durchschnitt des Jahres vorkommen, in Zentralasien und Ostsibirien 2,9, in Westsibirien 0,7, im nördlichen Rußland 0,28 und im Uralgebiete 0,20. Die **Beziehung der Erdbeben zum Gebirgsbau** ist leicht vorauszusehen, da alle Gebirge das Ergebnis von Bewegungen der Erde sind, die zu Faltungen, Hebungen, Senkungen, Rutschungen und Einstürzen führen. In der That beobachtet man seit lange schon Erdbeben, die an die Gebirge gebunden sind und außerdem noch eine ganz bestimmte Abhängigkeit von dem Bau des Gebirges zeigen. Es gibt in den Faltengebirgen Stoß- oder Schütterlinien, auf denen immer wieder die Stoßpunkte, wenn auch nicht an denselben Stellen, auftreten. Besonders häufig laufen sie den Faltengebirgen parallel, oder sie durchsetzen sie quer (vgl. das Kärtchen, S. 196). Doch treten sie auch in den Brüchen der Schollengebirge auf. Das alte Afrika ist durchaus nicht frei von ihnen. Um und im Tanganyikasee sind Erdstöße nicht selten, überhaupt in den westlichen Meridionalspalten Zentralafrikas Nyassa-Tanganyika-Albertsee. In der östlichen Meridionalspalte Rudolfsee-Muhalala (Ugogo) scheinen Erdbeben seltener zu sein. In den Alpen sind alle die großen Längsthäler, wie Wallis, Engadin, Oberinnthal, oberes Etschthal, die Schauplätze immer wiederkehrender Erschütterungen, oft von langer Dauer und nicht geringer Heftigkeit. Die Erdbeben am Fuße des Osthimalaya erschüttern Gebiete von Oberassam bis Kalkutta. In einem Alpenwinkel verwickeltsten Gebirgsbaues, wie Glarus, treten dagegen Erdbeben von beschränkterer Verbreitung auf, die als örtliche Folgen gerade dieses Baues erscheinen. Die andalusischen Erdbeben zeigen in Lage und Erstreckung einen deutlichen Zusammenhang mit dem Bau der Sierra Nevada. Das heftige ligurische Erdbeben von 1887 wurde auf eine submarine Bruchspalte, parallel zur Küste, zurückgeführt. Auch in Japan, Kleinasien, Südamerika haben viele Erdbeben ihren Sitz in dem gefalteten Küstenabfall oder im Meeresboden hart davor. Das Erzgebirge, die oberrheinische

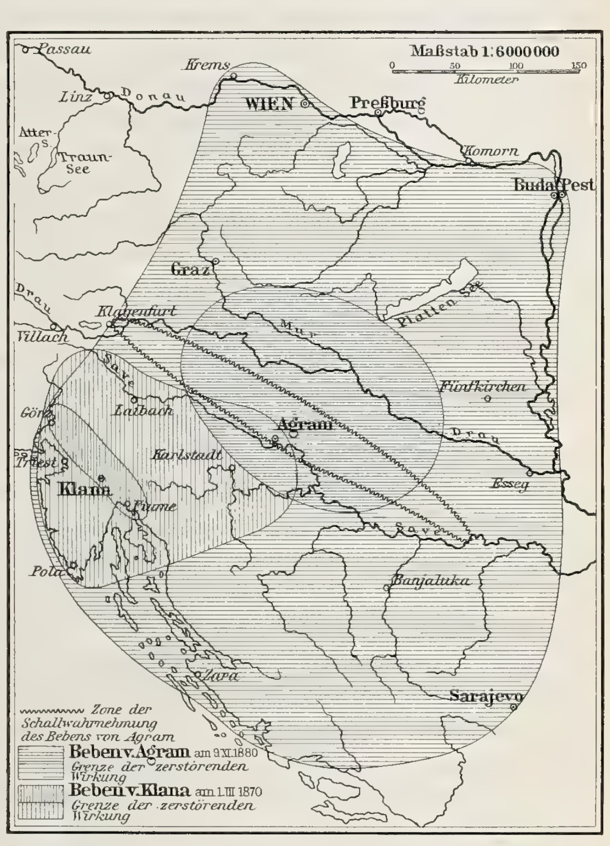
Spalte zwischen Schwarzwald und Vogesen weisen Ähnliches auf. Die Ausgangspunkte der Erdbeben des Schwarzwaldes liegen an den Bruchrändern des Gebirges nach dem Rheine zu, die der Vogesenerdbeben im Südwesten und Westen des Hauptkammes. Also auch hierin zeigt sich der Anschluß an den Gebirgsbau.

Man hat die Vermutung ausgesprochen, daß je älter ein Gebirge sei, desto seltener es von Erdbeben erschüttert werde. So wenig man aber von einem Gebirgsbau jemals sagen kann: er steht nun fertig da, und nichts mehr wird von jetzt an sich an ihm ändern, so wenig wird man auch die Erdbeben nur als einen allmählich ersterbenden Nachklang der Gebirgsbildung bezeichnen wollen. Die Gebirgsfaltung selbst mußte von Erdbeben begleitet sein, die durch Verschiebungen, Risse, Brüche in der Tiefe entstehen. Dann folgte der gegenseitige Druck der Gebirgsteile, das Entstehen neuer und die Erweiterung bestehender Spalten, plötzliche Störungen der Lagerungsverhältnisse durch Verschiebungen, Rutschungen im senkrechten oder wagerechten Sinne: die unvermeidlichen Ursachen neuer Erdbeben. Ich möchte es noch als fraglich hinstellen, ob wir die Richtungen der tektonischen Erdbeben parallel einer Gebirgsfalte ohne weiteres als Folge dieser Gebirgsfalte ansehen dürfen. Sollten nicht vielmehr beide der gleichen Ursache entspringen? Führen nicht die furchtbaren Erdbeben von Bogotá, die mit den Bruchlinien des Hochlandes von Kolumbien zusammenhängen, im Grund auf dieselbe Ursache zurück, wie die auf den Vulkanlinien von Ecuador oder Chile auftretenden? Sind nicht die Erdbeben ebenso häufig wie in jungen Faltengebirgen auch an Küsten, wo starke Bewegungen, hebende oder sinkende, vorkommen? Und vielleicht sind ganz besonders reich daran die einseitigen und steilen Abfälle zu den Meeresbecken, die von Längsspalten durchsetzt sind. Solche einseitig steile Abfälle zu großen Tiefen wie an der Ostküste Japans, an der Westküste Südamerikas, an der ionischen Seite des Peloponnes, der ägäischen Kleinasiens sind besonders erdbebenreich.

Im Adriagebiet, wo wir Belege für jugendliche Einsenkungen haben, treten heftige Erdbeben an bestimmten Stellen, wie Agram, Laibach, auf der Linie Triest-Laibach, auf, die daran erinnern, daß im Karst Spuren neuerer dynamischer Veränderungen zahlreich sind (s. die Karte, S. 205). Im Inneren Griechenlands sind in den geschlossenen Kalkgebieten Erdbeben selten; nur am Taygetos sind sehr heftige Erdbeben häufig aufgetreten. Dagegen wurden seine Küsten heftig erschüttert. Ein Erdbebengebiet zieht im Westen von Messenien bis Korfu, ein zweites, vielleicht das gefährlichste im Osten, wo bald der Isthmus, bald Ägina, bald der Golf von Patras die Ausgangspunkte sind. Schmidt zählte von 1859—78 auf dem Isthmus 41 Erdbebenstöße. Zu Athens natürlichen Begünstigungen gehört, daß es außerhalb der Erdbebengebiete liegt; Korinth ist dagegen mehrere Male vollständig zerstört worden. Dabei werden wir an das oberrheinische Gebiet erinnert, wo am meisten von Erdbeben die Gegenden heimgesucht werden, in denen verschiedene Gebirgssysteme zusammentreffen: Basel ist mit 155, das Mainzer Becken mit 280 Erdbeben in der Statistik verzeichnet.

Ferner sind Erdbeben die äußeren Zeichen für Einstürze und andere Bewegungen von Gesteinsmassen im Erdinneren, hervorgerufen durch unterirdische Ausspülung und Auflösung, wobei wohl oftmals die Erdbeben Höhlen bildeten und die Höhlen wieder Erdbeben hervorrufen. Die Erdbeben haben die Gesteine des Karst durcheinandergerüttelt und zersprengt und damit die Höhlenbildung befördert; die Höhleneinstürze selbst bewirken dann wieder Erschütterungen. Solche Einsturzbeben sind entweder starke Erschütterungen von sehr kurzer Dauer und enger Begrenzung oder leichte, lang an derselben Stelle sich hinziehende und wiederholende. Als bei Brundorf 1889 ein Höhleneinsturz von 90 m Fallhöhe stattfand, wurde

2 km davon keine Erschütterung bemerkt. Es ist wohl kein Zufall, daß einige fern von Vulkanen gelegene Erdbebenregionen in der nahen Nachbarschaft von Solquellen gelegen sind, die durch Auslaugung Hohlräume erzeugen. Die Erdbebengebiete von Basel, des Wallis und des Mittelrheines gehören hierher. Auf die Auswaschung devonischer Kalke und Mergel führt man auch die leichten, örtlich beschränkten Erdbeben in den russischen Ostseeprovinzen zurück. Ganz erdbebenähnlich sind Senkungsbeben im kleinsten Maßstab, die örtliche Einbrüche begleiten, wie die, welche 1894 einen Teil der Stadt Eisleben unter vielen Erdrissen um 24 cm sinken ließen, wahrscheinlich verursacht durch einen tieferen Schlotteneinbruch im Zechsteinkalk. Auch die Häufigkeit der Erdbeben in den Kalkalpen könnte zum Teil von der Löslichkeit des Kalkes abhängen. Das Hervorbrechen schlammbeladener Wassermassen aus Erdbebenspalten dürfte ebenfalls auf unterirdische Wasserwirkungen deuten.



Karte der Erdbeben von Klana und Agram. Nach Franz Toula.
Vgl. Text, S. 204.

Auf die dazu nötige Wasserzufuhr ist die Verteilung der Niederschläge von Einfluß, und damit mögen vereinzelte Beobachtungen zu erklären sein, daß Erdbeben häufig nach regenreichen Zeiten oder nach einzelnen sehr starken Regengüssen auftreten, während Darwins Angabe, daß die Erdbeben in Südamerika als die Vorboten der Regenzeit betrachtet würden, keine Bestätigung gefunden hat. Emin Pascha will in den Umgebungen des Albertsees die Erdbeben am häufigsten während der Regenzeit beobachtet haben, und Sapper glaubt, daß in dem dolinenreichen Kalkgebiete von Verapaz (Guatemala) einzelne sehr starke Regenfälle Erdbeben auslösen können, die dann unmittelbar nach dem Regen eintreten. Da mehr Feuchtigkeit in der kälteren Jahreszeit in den Boden eindringt und weniger verdunstet, so mag in der gleichen Richtung auch die Erklärung für die zweifellose Steigerung der Erdbebenzahl gegen die Zeit niedrigerer Temperaturen hin zu suchen sein, die sowohl für die Nord- als für die Südhalbkugel beobachtet wird.

An den vermehrten Luftdruck und vielleicht auch an die winterliche Schneelast mag man denken, wenn von 75 Erdbebentagen, die von 1875—97 im sächsischen Vogtland beobachtet wurden, 66 auf die Zeit vom September bis März, 9 auf die Zeit vom April bis August fielen. Auch für die Schweizer und oberrheinischen Erdbeben und für Japan gilt das

Wintermaximum, für den Oberrhein mit 70 Prozent. Die letzte Erdbebenstatistik für Griechenland, die gegen 3200 Beben aus den Jahren 1893—98 behandelt, zeigt ein langsames Anschwellen vom Anfang des Jahres bis zum Mai, ein Absinken bis zum Oktober und zwei sekundäre Zunahmen im September und Dezember. Ähnlich an der ligurischen Küste: Maximum im Februar, Minimum im September, also Begünstigung durch die kalte und feuchte Jahreszeit. Auffallend ist die Verminderung mikroseismischer Bewegungen bei starkem Frost. Über das Verhältnis der Erdbeben zu den Jahreszeiten wird man mit Bestimmtheit erst urteilen, wenn die Erdbebenstatistik noch weiter ausgebildet sein wird. Viele Ermittelungen stimmen einstweilen darin überein, daß die kalte Jahreszeit in der gemäßigten Zone die erdbebenreichere ist; es scheint dasselbe für die Regenzeit in den Tropen zu gelten.

Schwächere Erdbeben werden selbstverständlich leichter in der Stille der Nacht beobachtet. So erklärt es sich vielleicht, wenn von 38 Erdbeben des sächsischen Vogtlandes 32 zwischen 8 Uhr abends und 8 Uhr morgens aufgezeichnet worden sind. Wo schwache und starke Erdbeben miteinander vorkommen, sind die schwachen immer in der Nacht häufiger als am Tage beobachtet worden. Es ist indessen möglich, daß eingehendere Untersuchungen auch einen Zusammenhang zwischen leichteren Erschütterungen und den Schwankungen des Luftdruckes und der Windstärke feststellen werden. Während die Wirkung der Mondphasen im besten Fall nur so gering sein kann, daß sie durch kleinere Einflüsse verdunkelt wird, könnte in dem weitverbreiteten Wintermaximum möglicherweise der Einfluß der Sonnennähe zur Geltung kommen.

Ein Zusammenhang zwischen den Erdbeben und dem magnetischen Zustande der Erde ist durch mancherlei Beobachtungen nachgewiesen. Magnetometer haben starke Störungen unmittelbar vor Erdbeben gezeigt und sind nach der Erschütterung wieder zur Ruhe gekommen. Dem Krakatoa-Ausbruch von 1883 folgten magnetische Störungen. Erst die Zukunft wird uns das Gesetz dieser Beziehungen kennen lehren.

Die Entwickelung der Erklärung der Erdbeben.

Es ist anziehend, zu sehen, wie sich der menschliche Geist aus den mythischen Vorstellungen von den Ursachen der Erdbeben zur Wissenschaft durchgearbeitet hat. Für die Naturvölker waren die Erdbeben Erschütterungen, die ein in der Tiefe sich windendes Ungeheuer bewirkte: in Nordamerika eine Riesenschildkröte, bei den Malayen ein die Erde tragendes Schwein, in Indien ein Maulwurf. Nicht weit von Tokio liegt ein großer Fels; von dem erzählen die Japaner, daß er auf dem Kopfe der großen Erdspinne liege und sie niederhalte, an dieser Stelle kämen daher keine Erdbeben vor, während sie die ganze übrige Welt durch ihre Bewegungen erschüttere. Die germanische Mythologie schrieb die Erdbeben dem an den Felsen gefesselten Loki zu; sie entstehen, wenn er, von dem herabtropfenden Gift einer Schlange gequält, sich im Schmerze windet. Die griechische Geographie brachte die Erdbeben mit Luft und Dämpfen in Verbindung, die Auswege suchen, und diese Auffassung, die in den vulkanischen Gegenden durch Thatsachen erhärtet wurde, hat sich bis auf unsere Zeit erhalten. Als ein Seitenzweig davon erscheint die Ansicht, Erdbeben seien Gewitter im Inneren der Erde; und auch diese Ansicht hat sich bis in das wissenschaftliche Zeitalter erhalten. Als infolge des großen Lissaboner Erdbebens von 1755 und der allgemeinen Steigerung der Erdbebenerscheinungen um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die junge Geologie sich eingehender mit diesen Naturerscheinungen zu beschäftigen anfing, wurde ihre Verbindung mit dem Vulkanismus als sicher hingestellt. Humboldt faßte sie in den allgemeinen Begriff „Reaktionen des Erdinneren“ mit

dem Vulkanismus zusammen. Die Werke über Erdbeben folgten dieser selben Auffassung, wenn sie die Erdbeben und die Vulkane wie ganz zusammengehörige Dinge gemeinsam abhandelten: vgl. Fuchs, „Vulkane und Erdbeben". Im Rückschlag dagegen wollten andere das Wasser zur alleinigen Ursache der Erdbeben erheben, ließen nur Ausspülungen und Einstürze gelten. Otto Volger hat durch die geistvoll-einseitige Vertretung dieser Richtung die Erdbebenkunde entschieden gefördert. Das Studium des Baues der Erdrinde führte dann auf die Anlässe zu Erderschütterungen, die notwendig im Bau der Gebirge liegen müssen.

Die ausgebreiteten und verfeinerten Beobachtungen ließen erkennen, daß jede von diesen Veranlassungen zu ihrer Zeit und an irgend einer Stelle in Wirksamkeit tritt. Selbst die belächelte Anziehung der Sonne und des Mondes mußte wieder anerkannt werden. Denn wer möchte leugnen, daß die kleinste Flutbewegung des elastischen Erdkörpers weitgediehene Spannungen als Erdbeben auslösen könne? So hörte der Streit der Parteimeinungen allmählich auf, und es begann die Ausfüllung der gewaltig großen Lücke in der Beobachtung der Erdbeben. Heute dürften sich Geologen und Geographen in der Auffassung zusammenfinden, daß die Mehrzahl der Erdbeben in leichten Verschiebungen, Senkungen, Biegungen, Brüchen der tieferen Teile der Erdrinde ihre Ursache hat, daß einige auf Einstürze zurückführen und andere die vulkanische Thätigkeit begleiten. Dabei dürfte wohl die Neigung im Wachsen sein, manche tektonische, d. h. mit der Gebirgsbildung zusammenhängende Erdbeben so aufzufassen, daß sie im tiefsten Grund einer vulkanischen Regung ihr Dasein verdanken, durch die eine der Oberfläche näherliegende Spannung unter Erschütterung ausgelöst wird.

In den zusammenfassenden neuesten Werken über Erdbebenkunde beobachtet man überall die Tendenz, die kosmischen, vom Weltall ausgehenden Ursachen nur in ganz geringem Maße gelten zu lassen, ohne sie ganz auszuschließen, und die tellurischen, die in der Erde wurzelnden, immer näher an die Erdoberfläche heranzurücken, ja in die obersten Teile der Erdrinde zu verlegen. Eben deshalb tritt der Vulkanismus unter den Ursachen der Erdbeben weiter zurück; und wenn man auch noch vulkanische Erdbeben als eine besondere Gattung betrachtet, ist die vulkanische Ursache doch selbst wieder das Kennzeichen tieferer Vorgänge. Sie ist etwa so zu denken, daß von vulkanischen Bewegungen in der Tiefe sich Erschütterungen zur Oberfläche fortpflanzen.

Jedenfalls sind die verbreitetsten und stärksten Erdbeben die *tektonischen*, die mit Brüchen, Verschiebungen und Senkungen in der Erdoberfläche zusammenhängen. Diese Erdbeben kann man kurz als Begleiter und Folgen gebirgsbildender Vorgänge bezeichnen. Ihr Anschluß an die Formen der Erde, ihre Dauer und Wiederkehr an derselben Stelle, ihre weite Verbreitung zeichnet sie aus. Die *vulkanischen* Erdbeben führen, wie der Vulkanismus selbst, zum Teil auf dieselben Ursachen wie die tektonischen zurück; sie sind stark, aber zeitlich und räumlich beschränkt. *Einsturz-* und *Abrutschungserdbeben* werden dagegen im engsten Sinne örtlich sein. Aber sowohl bei vulkanischen als bei Einsturzbeben kann die entfernte Ursache tektonisch sein, und wir erkennen nur jene anderen, die uns näher liegen. Das gilt ganz besonders von Erdbeben, die in erloschenen Vulkangebieten infolge von Schichtenstörungen auftreten.

Wenn man auf diese Entwickelung zurückblickt, so ist vor allem die Erkenntnis lehrreich, daß das Streben nach exakten Schlüssen außer Verhältnis zu den Beobachtungen stand, über die man verfügte. Es führte, wie immer, zu jenem Glauben an Formeln und Worte, welcher der Wahrheit schädlich wird. Die vergeblichen Bemühungen, aus der Zeit des Auftretens der

Erschütterungen an verschiedenen Orten die Tiefe des Erdbebenherdes zu finden, jagten einer zahlenmäßigen Bestimmung ohne Wert nach. Viel weiter würde die genaue Beobachtung und Beschreibung der Art und Folge der Erschütterungen geführt haben. Ihr hat man sich entschlossen zugewandt, und durch sie wird man jedenfalls der Ursache näher kommen. Die über weite Gebiete nach gleichen Methoden und zu gleichen Zeiten angestellten Beobachtungen müssen für die Erdbebenkunde erst ein Material anhäufen, aus dessen Vergleichung sich die „Gesetze der seismischen Stürme" einst ebenso sicher, wenn auch nicht so einfach, werden herleiten lassen, wie die Gesetze der Wirbelstürme der Atmosphäre in den klimatologischen Aufzeichnungen eines Jahrhunderts erkannt worden sind.

Es ist wohl erlaubt, schon jetzt die Meinung auszusprechen, daß man in noch mehr Fällen, als man bisher glauben wollte, auf kosmische und atmosphärische Ursachen stoßen wird, für deren Wirkungen die Brüche und Falten der Erde nur die Gelegenheiten und den Weg bieten.

Die geistigen Wirkungen der Erdbeben und Vulkanausbrüche.

Es gibt Wirkungen der Erdbeben und der Vulkanausbrüche auf den Geist der Menschen und damit auf ganze Völker und auf das geistige Leben der Menschheit. Die Erfahrung, daß die feste Erde unter uns schwankt, gehört zu den unerwartetsten und erschreckendsten und bleibt unverlöschlich. Ein heftiges Erdbeben zerstört mit einem Male unsere ältesten Ideenverbindungen. Die Erde, das wahre Sinnbild von allem, was dauerhaft ist, hat sich unter unseren Füßen bewegt wie eine dünne Rinde über einer Flüssigkeit. Dauert die Bewegung auch nur eine Sekunde, so hat sie doch unsern Geist mit einem fremdartigen Gefühl der Unsicherheit erfüllt, das stundenlanges Nachdenken nicht hervorgerufen haben würde. „Ein Augenblick vernichtet die Illusion des ganzen früheren Lebens." (A. von Humboldt.) Die rätselhaften unterirdischen Geräusche, deren Schall besonders in Bergländern das Echo verstärkt, tragen zur Beunruhigung bei. Es gibt zwar große Erdbeben ohne alles Erdgeräusch; die Regel ist aber, daß die Erschütterung von unterirdischem Grollen und Donnern begleitet wird. Auch die Tiere schrecken beim Erdbeben zusammen, besonders Hunde und Schweine zeigen ängstliche Unruhe. Schon bei einem leichten Erdbeben verstummt plötzlich der sonst lückenlose Sang der Cikaden. In die beängstigende Stille klingt nur noch das geheimnisvolle Rauschen der erschütterten Bäume, das vielleicht plötzlich ein unterirdisches Rollen wie die Fortpflanzung fernen Kanonendonners unterbricht. Nicht selten verstärken Stürme und Gewitter die Schrecken der Erdbeben. Mitzopulos sagt in seiner Beschreibung des Erdbebens von der jonischen Insel Zante im Jahre 1893, bei dem furchtbare Gewitterregengüsse der zerstörenden Erschütterung vom 21. Januar folgten: den Kampf der oberirdischen Elemente begleiten die unterirdischen Dämonen mit schrecklichem Getöse und wiederholten Erdstößen. Jeder kann sich denken, was das unglückliche Volk in dieser Nacht gelitten haben muß.

Natürlich verstärkt die Verbindung mit vulkanischer Thätigkeit diese Eindrücke um so mehr, als auch in dieser Verbindung oft etwas Rätselhaftes liegt. Wenn auf einen kräftigen Erdbebenstoß hin plötzlich die strombolianische geräuschvolle Thätigkeit eines Kraters aufhört und die Fumarolen in weitem Umkreis wie auf Verabredung ihr Rauchen einstellen, ist der Eindruck des Planmäßigen beängstigender als bei fortgesetzten Ausbrüchen. Obwohl das unwesentliche Begleitungserscheinungen sind, so verstärken sie dennoch den Eindruck der Erdbeben auf unseren Geist. Die weite Verbreitung der meisten Erdbeben trägt dazu bei, Furcht zu erregen. Man kann einem Vulkanausbruch, selbst einem nahenden Sturm entfliehen, aber aus

einem Erdbebengebiet gibt es nicht so leicht eine Flucht. Zum Glück sind in eigentlichen Erdbebengebieten die unschädlichen Erschütterungen so häufig, daß in Japan oder Peru eine schwache Erschütterung kaum so viel Aufmerksamkeit erregt wie bei uns ein Hagelwetter. Die verbreitete Meinung, es lägen zwischen verheerenden Erdbeben immer einige ruhige Jahrzehnte, wiegt die Geister in Sicherheit. Jeder rechnet sich zu der Generation, die verschont bleibt. Die Menschen überhören eben auch hier willig den Protest der Natur gegen die Sicherheit, mit der sie ihre Werke auf die nur scheinbar feste Erdrinde gründen.

Das Verhalten der Menschen gegenüber den Vulkanausbrüchen zeigt die stärksten Gegensätze von Verzweiflung und Unempfindlichkeit. Leopold von Buch hat uns beschrieben, wie die Neapolitaner bei dem großen Ausbruch von 1794, da sie „sich nicht mehr auf festem Boden, die Luft in Flammen erblickten und voll schrecklicher, nie gehörter Töne, von Furcht und Schrecken ergriffen, zu den Füßen der Heiligen und Kapellen und Kirchen stürzten, nach Kreuzen und Bildern griffen und heulend in wilder Verwirrung die Stadt durchzogen". Das ist die Wirkung in einer dichtbevölkerten Gegend, wo ein einziger Ausbruch, wie jener, der Pompeji und Herculaneum mit einer 10 m dicken Decke von nicht mehr als haselnußgroßen Rapilli bedeckte, das Leben und die Werke von Hunderttausenden und von Generationen begräbt. Darum bleibt immer einer der ergreifendsten und größten Gegensätze das qualmende und grollende Schicksal über der selbst in ihren Resten noch lebensfreudigen Welt von Pompeji. In dünnbevölkerten Gegenden können die Vulkanausbrüche niemals so viel Schaden stiften wie in Ländern von der hohen Kultur Javas oder Japans. Das ist mit ein Grund, weshalb z. B. im Bismarck-Archipel die heftigen Ausbrüche, die nicht selten sind, wenig Eindruck auf den Geist der Eingeborenen gemacht zu haben scheinen. „Das geringe Mitgefühl der Kanaken verwindet den Verlust leicht, und die Erscheinung selbst wird als das Produkt der besonders übeln Laune irgend eines bösen Geistes angesehen und vergessen." (J. Graf Pfeil.)

Vor dem Ausbruch wird die Gefahr des Vulkanes unterschätzt; hat dann der Ausbruch begonnen, so wird seine Bedeutung über alle Maßen übertrieben. Das gilt nicht bloß von der „öffentlichen Meinung". Niemand hatte vor dem Mai des Jahres 1883 an die furchtbare Explosion des Krakatoa vor 203 Jahren gedacht; als aber die Flutwelle 40,000 Menschen weggefegt hatte und die Westseite Javas 18 Stunden durch Aschenfall in tiefe Nacht gehüllt war, glaubte man, Küste und Meeresboden müßten tief verändert sein, und die niederländisch-indische Regierung warnte die Schiffahrt vor möglichen neuen Gefahren; aber im ganzen tauchte dann das Land doch wieder ebenso aus dem Dunkel hervor, wie es vorher gewesen.

---

3. Strandverschiebungen.

Inhalt: Langsame Bewegungen der Erdrinde. — Die Strandverschiebungen. — Strandlinien und Küstenterrassen. — Erklärung der Strandverschiebungen. — Die Benennung der Küstenschwankungen.

Langsame Bewegungen der Erdrinde.

Neben den Vulkanausbrüchen, die über die engste Umgebung der Ausbruchsspalte nur durch Anhäufungen ausgeworfener Stoffe wirken, und neben den Erdbeben, deren Stöße ebenfalls örtlich beschränkt sind, wenn sie auch weit hinauszittern, regen sich ausgedehnte, aber langsame Bewegungen in der Erde. Ihr Ergebnis sind Senkungen, Hebungen und seitliche

Verschiebungen, die aber erst in Jahrhunderten erkannt werden, so klein ist ihr Betrag. Ein Gebirge wie die Alpen kann nur in Millionen von Jahren aus Verschiebungen, Senkungen und Hebungen entstanden sein. Aber die Summe dieser kleinen Bewegungen trägt mehr zur Umgestaltung der Erde bei als die heftigsten Stöße der Erdbeben und die Vulkanausbrüche. Was ist der Vesuv, und was ist selbst der Ätna neben dem Apennin? Allerdings bilden die Ausbrüche des Vesuvs ein ergreifendes Stück Erdgeschichte, dessen Gegensätze man dramatisch nennen möchte, und zugleich ein höchst geräuschvolles, während man das leise Werden des Apennin nur aus der Lage und Folge seiner Schichten errät. Aber der Apennin bedeckt endlich einen mehrere hundertmal größeren Raum als der Vesuv, und seine breiten, mächtigen Fundamente ruhen einige tausend Meter tief auf dem Boden des Meeres.

Wenn wir die Hebungen und Senkungen der Erde nur an den äußersten Höhen und Tiefen messen, die sie erreichen, so scheinen ihre Wirkungen gewaltig zu sein. Denken wir uns die 18 km ihres größten Betrages, den Unterschied zwischen dem höchsten Gipfel des Himalaya und den tiefsten Stellen des Stillen Ozeans, auch nur um ein Hundertstel nach oben oder unten verschoben, so gibt das für unser Auge einen großen Ausschlag. Es ist aber gut, sich zugleich zu erinnern, daß man für die Abschätzung solcher Veränderungen die Größe der ganzen Erde zu Grunde legen muß. Da erscheint uns denn der höchste Alpengipfel als $^1/_{1500}$ des Erdradius und der höchste Himalayagipfel nur als $^1/_{800}$. Also Bewegungen, die, an der Erde gemessen, von nur unmerklicher Größe sind, erklären alle Gebirgsbildungen und die Entstehung der tiefsten Meeresbecken.

Außer den Höhenverschiedenheiten und Formen der Erdoberfläche zeigt uns auch die Lage der Gesteinsschichten, daß darin große Höhenveränderungen stattgefunden haben müssen. Man begegnet in den Alpen 4000 m über dem Meere Gesteinen, die auf dem Meeresgrunde gebildet worden sind, und in England 400 m unter dem Meere Steinkohlen, die über dem Meere gebildet wurden. Unzweifelhaft haben also Änderungen der Lage nach oben und unten hin stattgefunden. Dasselbe ergibt sich auch, wenn man Schichten abgelagerter Gesteine untereinander vergleicht: da sieht man innerhalb einer Formation Tiefsee- und Strandbildungen, Meeres- und Land- oder Süßwasserbildungen wechseln. Diese über lange Zeiträume ausgedehnten Bewegungen zusammendrängend, meinen wir in der Erde eine gleichsam von pulsierenden Bewegungen erschütterte Kugel zu sehen. Nicht nur das Meer ist seinem Wesen nach beweglich; neben der raschen Wellenbewegung des Meeres wogen langsam Wellen des Landes. Die Brandungswelle stürmt gegen das Land, und das Land wölbt sich unmerklich gegen das Meer. In den langsamen Schwankungen der Küstenlinie der Ostsee ist das Heben und Senken des Wassers in kleinem Maße wirksam, das Heben und Senken des Bodens in großem. Die Sturmflut mag das Meer um 5 m an den Küsten der Ostsee hinaufdrängen; was bedeutet diese rasche und vorübergehende Wirkung gegen die langsame und zu langer Dauer bestimmte Hebung des Landes aus demselben Meere um weit über 200 m, wie sie durch Strandlinien bewiesen wird? Es ist gut, diesen Eindruck festzuhalten.

Es gab eine Zeit, wo man zu leicht bereit war, Bodenverschiebungen von großem Betrag anzunehmen. Aber das Übermaß der Inanspruchnahme unterirdischer Kräfte für Hebung und Senkung zeigte bald seine Gefahren. Die Erde wurde buchstäblich auf den Kopf gestellt. Wenn man jedes Berglein und jede Küstennase einer großen Katastrophe wert hielt, brauchte man überhaupt nichts mehr zu erklären. Das hat nun eine Art von schüchterner Abneigung gegen den Appell an Bodenschwankungen, auch selbst leiser Art, hervorgebracht. Man muß auch diese überwinden, um zu der richtigen Mitte zu kommen. Es ist wahr, daß es keine Spur von raschen Schwankungen im großen Bau der Erde gibt.

Es ist aber auf der anderen Seite auch bewiesen, daß es kein Land und kein Meer gibt, die nicht ihre Plätze getauscht hätten. Überall sind leichteste Schwankungen des Bodens zu großen Beträgen aufgelaufen. Jedes Stück Erde ist oftmals Land und wieder Meer gewesen. Die Strände wandern rastlos leise über die Erde hin, dem Lande voraus, das sich hebt, oder dem Meere nach, das sich senkt. Man wird die Erdgeschichte nur unter der Voraussetzung verstehen, daß die Niveauverschiebungen nicht Zufall und Ausnahme sind, sondern Begleitung und Mitbedingung jeder Veränderung der Bodengestalt. Jede Erdansicht behalte den Peschelschen Satz in der Erinnerung: „Auf dem Antlitz unseres Planeten ruht noch nicht eine tödliche Erstarrung.“ Jeder einzelne Zug in der Physiognomie des Erdballes werde als werdend oder vergehend gefaßt. Alles fließt. Man erwäge auch, daß man von keinem dieser Züge mit vollem Rechte ohne weiteres sagen kann: er ist älter, er ist jünger. Denn da „alles fließt“, sind die alten Züge so gut wie die jungen den umformenden Einflüssen ausgesetzt, die von innen und außen einander entgegen und miteinander wirken.

Wir schließen aus den Bodenverschiebungen die plötzlichen, ruckweisen Wirkungen der Erdbeben und Vulkane aus. Aber daß auch sie ihre Beiträge leisten zu den großen Summen, zu denen wir die Wirkungen der Bodenverschiebungen sich ansammeln sehen, steht außer Zweifel. Scharf abzugrenzen sind beide Arten von Bewegungen nicht. Man würde irren, wenn man einen wesentlichen Unterschied in ihrer zeitlichen Verteilung suchen wollte. Auch die Bodenverschiebungen gehen nicht ununterbrochen vor sich. Die Strandlinien zeigen, wie auf Hebungen Stillstand eintritt, und in diesen Unterbrechungen sind sie allerdings ähnlich den im großen Stile pulsierenden Bewegungen der Vulkanausbrüche und Erdbeben mit ihren zum Teil langen Pausen und den in unvergleichlich viel längeren Zwischenräumen erscheinenden Epochen der Gebirgsbildung. Außer den großen Ruhepausen, in denen die Strandlinien und Küstenterrassen ausgehöhlt und aufgehäuft wurden, gibt es auch kleinere. Die heutige Hebung der schwedischen Küste hat wahrscheinlich vor nicht vielen Jahrhunderten begonnen, war im vorigen Jahrhundert stärker als in der Gegenwart, wo sie bereits wieder abzunehmen scheint. Nach den Beobachtungen über postglaziale Hebungen in Schweden ist auch kaum mehr zu zweifeln, daß dort Hebungen in ganz beschränkten Gebieten, vielleicht verschieden auf beiden Seiten einer Formationsgrenze, eintraten, und daß selbst Trockenlegung von Seen durch einseitige Hebung am oberen Ende vorkam.

Außerordentlich schwer ist es, die langsamen Veränderungen des Bodens im Inneren der Länder wahrzunehmen, wo keine Brandungslinie den jeweiligen Höhestand mit untrüglicher Sicherheit in den Felsen gräbt. Im Gebiete der Großen Seen Nordamerikas ist es ausnahmsweise gelungen, fortdauernde Bodenveränderungen nachzuweisen, Hebungen im Norden, verbunden mit Senkungen im Süden. Bei Chicago steigt der Spiegel des Michigansees einen Zoll in zehn Jahren. Die zahlreichen Strandseen am südlichen Küstenrande des Ontario, die nur durch schmale Nehrungen vom See getrennt sind, führt man auf dieselbe Hebung zurück. Wahrscheinlich sind dies Ausläufer von größeren Bodenbewegungen, welche Veränderungen der Wasserscheide zwischen Zuflüssen des Sankt Lorenzstromes und des Eismeeres verursacht haben; der Ottawafluß, der jetzt dem Sankt Lorenzstrome zufließt, dürfte sich noch lange nach der Eiszeit mit dem Bellfluß nordwärts ergossen haben.

Es gibt im Inneren der Länder Bodenformen, deren Erklärung mit der Annahme leichter Bodenschwankungen rechnen muß; dazu gehören Terrassenthäler, die nach der Bildung mit Schutt ausgefüllt und dann bis auf die Terrassen wieder ausgehöhlt worden sind. Die geologische Geschichte des Gebietes der großen Cañons von Colorado zeigt uns einen öfteren Wechsel von Hebung und Senkung, wobei wir kein Vorwiegen der Senkung erkennen, wohl aber Senkungs- und Hebungsperioden, von Ruhepausen unterbrochen: gerade wie an den Küsten. Die

Fjordküsten und die Randseen der Gebirge sind erst recht verständlich geworden, seitdem man sie, buchstäblich, auf schwankendem Boden erblickt. Wir werden noch viele andere Erscheinungen kennen lernen, die man nur verstehen kann, wenn man Bodenschwankungen mit voraussetzt. Die stärksten Beweise für ganz lokale Bodenschwankungen liefert aber die Hydrographie mit ihren durch Hebungen zerschnittenen, vervielfältigten Thälern. In Zukunft wird es sicher auch gelingen, den Höhen- und Lageveränderungen unmittelbar messend beizukommen. Die bisherigen Vermessungen sind nicht so genau gewesen, daß man aus ihrem Vergleiche solche Veränderungen hätte erkennen können.

Eines der heikelsten Kapitel der Bodenveränderungen von innen heraus bilden die Beobachtungen über Veränderungen des Gesichtskreises: das Auftreten von Gegenständen im Gesichtskreise, die früher nicht erblickt worden waren, oder das Verschwinden von Gegenständen aus dem Gesichtskreise, die man sich gewöhnt hatte darin zu sehen. Aus den verschiedensten Teilen der Erde liegen solche Angaben vor. Es mögen manche subjektive Täuschungen mit unterlaufen, doch ist die Ansicht von der Hand zu weisen, daß solche Veränderungen nicht vorkämen. Im Gegenteil: Erdbeben, Strandverschiebungen und Gebirgsbildung machen es geradezu notwendig, daß sie vorkommen, nur werden sie sich in der Regel so langsam vollziehen, daß kurzlebige Menschen sie nicht wahrnehmen. Wenn sie uns in manchen Gegenden, wie in der Umgebung von Jena, dennoch häufig vorzukommen scheinen, so hat man auch noch an langsame Senkungen durch Auflösung von Steinsalz, Gips, Anhydrit, Kalk im Inneren der Erdrinde zu denken, um so mehr, als Einstürze aus denselben Ursachen in denselben Gegenden gar nicht selten sind; im französischen Jura, wo sie ebenfalls vorkommen sollen, denkt man freilich schon an einen Nachklang der Jurahebung. Es gehören hierher auch die zahlreichen, aber in den meisten Fällen schwer zu kontrollierenden Beobachtungen über Veränderungen in der Höhe der Berge. Silvester beobachtete 1825 zu bestimmter Stunde und Minute die untergehende Sonne von derselben Stelle aus, von der aus er sie am gleichen Tage 24 Jahre früher beobachtet hatte. Damals sah er nur eben noch den oberen Rand, jetzt nahm er zwei Drittel der Sonnenscheibe wahr. War der Berg am Horizont hinabgesunken? War dessen Oberfläche durch Denudation erniedrigt worden? Oder lag nur ein Fall von Strahlenbrechung vor? Zahlreiche Beobachtungen dieser Art werden berichtet, aber genaue messende Prüfungen sind bisher in keinem Falle möglich gewesen. Die Unterschiede in den Ergebnissen der schweizerischen Triangulation von 1836 und 1879 liegen alle innerhalb der Fehlergrenzen. Und dasselbe gilt von den bisherigen Präzisions-Nivellements. Die zum Teil sehr bedeutenden Einsenkungen in Kohlen- und Salzwerkgebieten sind natürlich hier nicht mit einzurechnen.

Seit einer Reihe von Jahren beobachtet man die äußerst geringen drehenden Bewegungen der Grundpfeiler der Observatorien, die auf ungleiche Ausdehnung einzelner Teile der Erde zurückführen, aber mit der Zeit wohl sich zu Hebungen und Senkungen summieren können. Man sieht die östlichen Pfeiler der Observatorien sich im Sommer heben. Das Observatorium von Genf hat dafür ebensogut Beweise geliefert wie das von Berlin. In dem letzteren ist die Abhängigkeit von den Wärmeverhältnissen selbst in der Form der Abhängigkeit von der elfjährigen Sonnenfleckenperiode nachgewiesen, sowie in der Thatsache, daß die jährliche Periode, wenn auch verspätet, sich derjenigen des jährlichen Wärmeganges anschließt. Es werden aber auch Bewegungen beobachtet, die nicht auf Wärme zurückzuführen sind. In Sydney sind im Südwinter ebensolche Bewegungen beobachtet worden wie bei uns im Sommer. Nach Hirschs Beobachtungen drehte sich ein unmittelbar auf dem Kalkfels ruhender Pfeiler des Observatoriums von Neuchâtel im März bis August um 39,8″ von Osten nach Westen, im September bis Februar um 38,2″ von Westen nach Osten. Nach 24 Jahren entstand daraus eine Bewegung von 36″ in der Richtung nach Westen. Dazu hat sich aber der westliche Pfeiler gegen den östlichen in der gleichen Zeit um etwa 24″ gesenkt. Die erste Bewegung geht offenbar von Erwärmungsvorgängen aus, während der zweiten wahrscheinlich ein Vorgang im Gebirge des Jura, sei es Faltung, sei es Absinken einer Scholle, zu Grunde liegt.

Es zwingt keine von den Kräften, die man für diese Bewegungen in Anspruch nimmt, zur Voraussetzung vollkommener Gleichmäßigkeit der Wirkung, Ununterbrochenheit und langer Dauer. Handelt es sich um langsame Biegung einer Gesteinsdecke, so kann eine Spalte oder sonst eine Ungleichheit die Bewegung zu einer gewissen Zeit steigern oder verlangsamen, ja

dieselbe kann sogar sprunghaft werden. Handelt es sich um Ausdehnung oder Zusammenziehung einer Masse, so kann das Gleiche eintreten. Wir möchten hier auch gleich der Meinung entgegentreten, als müsse jeder Hebung eine Senkung entsprechen und umgekehrt. Auch diese Meinung beruht auf unvollkommenen Beobachtungen. Es können in engen Gebieten derartige Schaukelbewegungen vorkommen: die Insel Paros im Ägäischen Meer ist in dieser Weise im Norden gehoben worden, während sie sich nach Süden gesenkt hat oder noch weiter senkt. Aber die Regel ist, daß eine Hebung an einem Punkt oder längs einer Linie am stärksten wirkt und von da an ziemlich gleichmäßig abnimmt bis in Gebiete, wo Stillstand herrscht.

Die Strandverschiebungen.

Der Stand des Meeres und mit ihm die Küstenlinie muß sich infolge jeden Wechsels in der Gesamtmenge des flüssigen Wassers und in der Größe des Beckens verändern, in dem das Meer steht. Sie erhebt sich, wenn das Becken sich verkleinert, und sinkt herab, sobald das Becken sich vergrößert. Was kann aber diese Formveränderungen der Meeresbecken bewirken? Beständig finden Ablagerungen im Meere statt, die dessen Boden erhöhen, Ablagerungen durch Flüsse, die Schlamm und Sand bringen, durch Eisberge, welche Schutt, ja mächtige Felsblöcke verfrachten, durch Winde, die Staub herbeitragen, durch kosmische Staubfälle und Meteorsteine. Aus der Vergangenheit des Meeres kennen wir Beträge von Tausenden von Metern, um die der Meeresboden durch Schuttaufhäufung gewachsen ist. Verhältnismäßig häufig sind die Vulkanausbrüche, bald über dem Wasserspiegel, bald unter ihm, die Felstrümmer und vulkanische Asche umherwerfen. Und endlich lehrt uns die Geschichte der Gebirgsbildungen, daß der Erdboden sich an manchen Stellen faltet und dadurch Aufwölbungen hervorruft, die durch Wasser und Luft zu dem umgestaltet werden, was wir Gebirge nennen. In der Küstenlinie werden alle diese Formänderungen ein Steigen, dagegen die Vergrößerungen der Meeresbecken durch Senkungen und Einbrüche ein Sinken bewirken.

Für scharfe Beobachter stehen Schwankungen des Meeresspiegels seit lange fest. Aristoteles sagt in seiner Schrift über die Meteore: „Die Verteilung von Land und Meer in gewissen Regionen ist nicht allezeit dieselbe, sondern es wird See, wo früher Land war, und Land, wo See war; und es ist Grund zu meinen, daß dieser Wechsel nach einem bestimmten System und in bestimmten Zeitabschnitten sich vollzieht.“ Lokale, rasch verallgemeinerte Erscheinungen legten den Alten diese Anschauung des beständigen Wechsels zwischen Land und Meer nahe. Sie haben nach ihrer Art auf litterarische Zeugnisse übergroßes Gewicht gelegt. Die Entfernung der Insel Pharos vom Festlande, die Homer in der Odyssee auf eine Tagfahrt angibt, hat viel Erörterungen hervorgerufen. Dieser Wechsel hat nun keineswegs so leicht sich vollzogen, wie die Alten annahmen, die in ihrem halbmythologischen Wissen von der Erdgeschichte geneigt waren, sehr rasch Katastrophen der vernichtendsten Art hereinbrechen zu lassen. Aber als langsam heranreifendes Werden kennen wir heute Strandverschiebungen in allen Erdteilen und Zonen und verfolgen sie über weite Länder- und Inselräume. Und wir können den Satz des Aristoteles noch erweitern und sagen: in allen Gebieten, die wir kennen, ist die Verteilung von Land und Meer nicht allezeit dieselbe.

Unter den Zeugnissen für Küstenschwankungen gibt es unzweifelhafte, greifbare und meßbare; daneben gibt es andere, die auf eine Hebung oder Senkung hindeuten, aber nicht immer bestimmt zu fassen sind. Küsten mit untergetauchten Thälern, also besonders Fjord- und Riasküsten, Küsten mit Lagunenriffen oder vorgelagerten Atollen, Reste von alten Wäldern und Mooren, welche die Brandung

auswirft, manchmal auch Steilküsten ohne Vorland und tiefe Trichtermündungen sprechen für Senkung. Sehr flach untertauchende, von Anschwemmungsinseln begleitete Küsten, Nehrungen, Strandseen, rasch wachsende Deltas, die bekannten Hakenvorgebirge nach dem Muster von Kap Hela (s. die untenstehende Karte) machen Hebungen wahrscheinlich. Ja, wir können bei sehr buchtenreichen Küsten überhaupt Senkungen, bei glatten Hebungen vermuten. Man vergesse bei diesen Merkmalen nicht, daß die Küsten an und für sich die Schauplätze großer Veränderungen sind. Es vollzieht sich hier in örtlicher und oft auch in zeitlicher Beschränkung so manches, was in seinen Wirkungen für säkular gehalten werden mag. Durch Anschwemmungen wird der Anschein von Hebung, durch Einreißung der von Senkung bewirkt. Und gerade in Anschwemmungsküsten aus lockerem Material müssen Verdichtungen und Rutschungen stattfinden. Wir wissen sogar, daß durch entweichende Zersetzungsgase in Schwemmküsten Schwellungen und darauffolgend Einsenkungen entstehen. Ausdrücklich muß davor gewarnt werden, zu viel Gewicht auf die Veränderungen in der Nachbarschaft großer Häfen zu legen. Ohne Zweifel sind Spuren von Hebung an Japans Ostküste vorhanden, man hat sie aber weit überschätzt, indem man die Verlandung großer Strecken Meeres bei Tokio mit hereinzog. Tokio ist seit 300 Jahren eine Millionenstadt,



Die Halbinsel Hela. Nach der deutschen Admiralitätskarte.

und derartige Städte machen durch ihren Staub, ihr Trümmerwerk, ihren Unrat den Boden in sich und um sich her wachsen. Wer möchte die Versandung von alten Häfen, wie Palermo, Karthago, Sidon, für Hebung verwerten, wenn er erwägt, daß im Gebiete türkischer und barbareskischer Verwaltungskunst überall die Häfen sich verschlechtert haben? Man liefe Gefahr, die säkularen Schwankungen des Erdbodens mit dem säkularen Niedergang politischer Mächte zu verwechseln.

So wie aber der Zeiger eines Erdbebenmessers alle Erschütterungen zeigt, ob ihre Ursache im Inneren oder an der Oberfläche der Erde ist, so wird man an der Meereslinie jede Veränderung im Verhältnisse des Festen und Flüssigen messen; langer Beobachtungen wird es bedürfen, bis man die Ursachen dieser verschiedenen Bewegungen herausfindet und sondert. Als 1891 der japanische Professor Kikutschi ein Rundschreiben an alle Stadt- und Dorfvorstände an den Küsten Japans erließ, um Nachrichten über Vordringen oder Rückzug des Meeres zu sammeln, erfuhr man erst, wie weitverbreitet, wie groß und zum Teil wie jung die Küstenschwankungen dieses vulkanischen Landes sind. Eine Menge Häfen waren seichter geworden, Felsen, die unter dem Wasser gewesen waren, ragten jetzt hervor, Schiffspfähle stehen 60 m im Lande, die Gezeiten ließen einen breiteren Saum frei als früher, Fischer mußten

weiter draußen ihre Netze legen als früher. Solche Nachrichten kamen besonders von den östlichen und südlichen Küsten. Von anderen Küsten wurde gemeldet, daß Reisfelder in Sand- und Kiesbänke verwandelt seien, daß die Tiefe des Meeres gewachsen sei, so daß Felsen verschwunden seien, die früher hervorragten, und die Flut höher steige; Siedelungen und Wege würden wegen Bedrohung vom vordringenden Meere landeinwärts verlegt, und auf Karten erschienen Siedelungen an Küsten, wo heute das Meer sei. Solche Nachrichten kamen besonders von der Seite des Japanischen Meeres.

Der klassische Boden für das Studium der Strandverschiebungen ist seit den Messungen von Celsius und Linné und den Beobachtungen von Leopold von Buch Skandinavien. Beobachtungen über Hebungen an Schwedens Küste gehen weit zurück. Wissenschaftliche Form nahmen sie an, als 1730 Celsius die Ansicht äußerte, daß die Ostsee an den Küsten Schwedens mehr als 1 m im Jahrhundert sinke; er brachte deshalb an Felsen der Insel Loeffgrund Marken an, die in der That in 13 Jahren eine Senkung von 0,18 m zeigten. Voreilig schloß man daraus auf ein Sinken des Meeres um 1,38 m im Jahrhundert. Von 1730—1849 hat dann die Hebung des Landes nur 0,915 m betragen, dem 0,77 m in 100 Jahren entsprechen würden. Die Hebung schien noch größer im Norden zu sein, an der Südspitze Schonens aber in eine Senkung überzugehen. Bei Malmö sollte die Küste seit Linné um 1,5 m gesunken sein, und bei Ystad steht das Meer 1,2—2 m über Torfmooren, die unzweifelhaft am Lande gebildet sind. Man sprach dann wieder von einer Hebung der Nordküste von Jütland, während weiter im Süden Senkungserscheinungen zu Tage treten.

Hebungen, geringer als in Schweden, sind auch an den Küsten Finnlands und der nördlichen Ostseeprovinzen Rußlands nachgewiesen. Noch an den Inseln des Ladogasees sieht man 10 m über dem Wasserspiegel Strandterrassen. Aber die Bewegung ist heute in diesen östlichen Gebieten sehr schwach; bei Kronstadt betrug die Hebung zwischen 1841 und 1885 durchschnittlich 0,5 mm im Jahre. Diese Veränderungen der Ostseeküsten sind die Fortsetzung ähnlicher, zu noch viel größeren Beträgen summierter Bewegungen, die seit dem Rückzuge des diluvialen Eises dieses Stück Erde mehrmals stark umgestaltet haben. Nur scheint es, als ob im südlichen Teile nach den Senkungen, die nach der Eiszeit z. B. Rügen zur Insel machten, keine merkliche Hebung mehr eingetreten sei, denn die Inselkerne Rügens sind durch Anschwemmungen verkittet worden.

Strandlinien und Küstenterrassen.

Es liegt in der Natur der Sache, daß man die Merkmale der Hebungen leichter findet als die Spuren der Senkungen. Spuren der Brandung, Reste des Tierlebens des Meeres werden ja unserem Blick leicht zugänglich nur, wenn sie aus dem unmittelbaren Bereiche des Meeres gehoben werden. Oft sind sie dann so deutlich, daß sie selbst dem blöden Auge auffallen, wie jene zwei weißen, von litoralen Muscheln, Wurmgehäusen und Schnecken gebildeten Strandlinien, welche die Erhebung der Nordküste von Pantelleria im Jahr 1891 um 0,8 m anzeigen: vielleicht die frischesten Strandlinien unserer Zeit! Die Senkungen sind immer viel schwerer nachzuweisen. Die Merkmale der Brandung verschwinden, wenn sie unter den Meeresspiegel hinabtauchen. Nur wo Bodenformen des festen Landes untergetaucht sind, so daß die Thäler sich auf dem Meeresboden fortsetzen, oder wo Korallenriffe unter die Lebensgrenze riffbauender Korallen hinabragen, kann Senkung sicher angenommen werden. Aus der Tiefenlage untergetauchter Thäler hat man z. B. den Schluß auf einen um 1000 m höheren Stand des östlichen Nordamerika gerade vor dem Eintritt der Eiszeit gezogen. Der sichere Beweis steht allerdings noch aus. Untergetauchte Wälder, Torfmoore und Werke des Menschen können einfach durch Rutschung ihren Platz verändert haben, sie geben daher immer nur unsichere Zeugnisse. Alle

genauen und unmittelbaren Beobachtungen über Strandverschiebungen sind daher an gehobenen Küsten angestellt worden. Es liegt darin eine große, aber unvermeidliche Einseitigkeit, die vielleicht eines Tages durch genauere und vollständigere, systematische Beobachtungen gehoben werden kann.

Immer werden die klarsten Spuren von Küstenhebung die **Strandlinien** enthalten, die manchmal streng parallel mit dem Meeresspiegel „gleich hypsometrischen Kurven", wie Payer vom Austriasund in Franz Josefs-Land sagt, die Küste entlang ziehen und in großer Gleichmäßigkeit der Höhe und äußeren Erscheinung an Küsten von Hunderten von Kilometern Länge auftreten. Bald sind es eingegrabene Rinnen, bald Muschelbänke und Schutt-Terrassen; auch gehobene Deltas und Nehrungen treten als Strandlinien auf. An Felswänden über dem



Strandlinie in Granit auf Havö, Nordland. Nach W. C. Brögger.

Meeresspiegel sehen wir sie als lang hinlaufende Einschliffe oder Furchen, die aus der Ferne wie scharfe Linien oder selbst wie der obere Rand von Terrassen erscheinen (s. die obenstehende Abbildung), während aus der Nähe häufig der Zusammenhang der Punkte, die diese Linie bilden, unterbrochen, kaum auffindbar ist. Nur an vorspringenden Ecken tritt die Linie durch Einschnitte in Gestalt einer horizontalen Grundfläche und einer steilen, manchmal sogar senkrechten oder etwas übergeneigten Rückwand deutlicher hervor. Hier verdient sie dann wohl ihren norwegischen Namen „Seter", d. h. etwas, worauf man sitzen kann.

„Wo", schreibt R. Lehmann aus Norwegen, „zwischen solchen hervortretenden Stellen der Fels Einbuchtungen hat, da ist das allgemeine Aussehen des Abhanges und seine allgemeine Böschung durch nichts unterbrochen. Und selbst an jenen vorspringenden Ecken ist durch Verstürzung, namentlich der Rückwand, und Schotterablagerung am Fuße derselben, wie anderseits durch Kraut und Gesträuch auf der

Grundfläche die Regelmäßigkeit nicht selten gestört, so daß man, wenn man bloß eine einzelne derartige Stelle beträte, dabei schwerlich an etwas anderes als das Werk des gewöhnlichen Verwitterungsprozesses denken würde. Aber überraschend ist es, wenn man von solchem Punkt aus an den nächsten Felsvorsprüngen ähnliche Einschnitte bemerkt und sich nun durch Visierung über eine Wasserfläche von der vollkommen gleichen Höhe aller dieser Winkelausschnitte überzeugt." Ähnliches sagt Christian Sandler über die Lochaber-Strandlinien in Schottland: „Obgleich diese Linie, von unten gesehen, mit aufdringlicher Deutlichkeit erscheint, ist es doch leicht möglich, beim direkten Aufwärtssteigen über sie hinwegzuschreiten, ohne sie inne zu werden, weil zahlreiche uferlose Wasserfäden, Flecke hochgewachsenen Heidekrautes, nasses Moos, Felsbrocken, Wasserpfützen, Gras und Farnkraut die nächste Umgebung zu mannigfach machen. Von einem höher gelegenen Standort aus erblickt man dann an Stelle der gesuchten Linie ein schmales horizontales Band, das einem überwachsenen Wege gleichsieht" (s. die untenstehende Abbildung).

Einbuchtungen des Meeres unterbrechen nicht den Verlauf der Strandlinie, wo aber Thäler münden, schiebt sich oft eine Terrasse von gleicher Höhe ein, welche den Zusammenhang der



Die Lochaber-Strandlinien am nordwestlichen Abhang des Glen Roy, Schottland. Nach Photographie von Christian Sandler. Vgl. Text, hier und S. 218.

unterbrochenen Strandlinie herstellt. Die Größenverhältnisse sind oft ungewöhnliche, so daß der Gedanke an künstlich in den Fels gesprengte Straßen naiven Gemütern ganz nahegelegt sein muß. Mohn gibt die Breite der unteren Drontheimer Linie zu 25 Schritt (nahezu 16 m), die Höhe zu etwas über 9 m an; es ist ein dreiseitiger Flächenausschnitt von 74 Quadratmetern. In größeren Fjorden Norwegens sieht man sehr deutlich das Sinken der Strandlinie von innen nach dem Meere zu; wenn sie innen bei 100 m liegen, ziehen sie außen nicht höher als 10—20 m über dem Meer. Dies ist die Folge davon, daß die stärkste Erhebung längs einer Linie stattgefunden hat, die östlich vom Gebirgskamm liegt. Man findet auf diesen Strandlinien Ablagerungen von Meeresmuscheln, die in Norwegen in den höchsten von 150 m einen arktischen Charakter tragen, der erkennen läßt, daß ihre Ablagerung hart am Ende der Eiszeit stattgefunden hat. Die Seltenheit von Eisschrammen beweist das postglaziale Alter der Strandlinien. Wo Lehmterrassen mit gekritzten Geschieben vorkommen, kann man an strandendes, schuttbeladenes

Treibeis denken. In Schottland findet man Strandlinien in 150 m, die voreiszeitlich sind, aber es gibt auch solche, die den norwegischen in der Zeit ihrer Bildung entsprechen; diese scheinen aber nicht über 30 m hinauszugehen. Zu ihnen gehören auch die Strandlinien der in der Verlängerung der Fjorde und in geringer Höhe über dem Meere liegenden Seen, wie die oft genannten „Parallelwege“ von Lochaber (s. die Abbildung, S. 217). An der Ostküste von Labrador, wo die Spuren von Hebung allgemein sind, sind die untersten so frisch, als ob sie von gestern seien. Auf einer gehobenen Muschelbank bei Hopedale findet man „Mya truncata noch senkrecht in ihren Bohrlöchern und die zartesten Schalen mit ihrer Epidermis ungebrochen und oft selbst noch mit verbundenen Schalen“. (Packard.)

Wir haben von der Hebung an der Küste Schwedens gesprochen (vgl. S. 215) und die Strandlinien Norwegens erwähnt. Beide gehören einem einzigen großen Hebungsgebiet an, das die ganze skandinavische Halbinsel umfaßt; die Achse des Gebietes, in welche die größten Hebungen fallen, zieht parallel dem Ostabhang des Gebirges von Christiania bis Haparanda. Dort kommen Erhebungen von 213 m vor; nach allen Seiten abnehmend, haben sie in den norwegischen Fjorden in zwei bis drei Strandlinien, die an einigen Stellen noch 150 m erreichen, die Spuren vorübergehender Stillstände gelassen. Alle sind nach der Eiszeit entstanden.

Die Strandlinien sind in Norwegen eine wichtige Höhengrenze der Kultur. Über ihnen steht der harte Fels oder höchstens eine spärlich bewachsene Schutthalde, während von der Linie abwärts Kies, Thon und Sand: ackerbares Land liegen. Daher gehen die menschlichen Wohnstätten nicht oft über die alten Strandlinien nach oben hinaus.

Alle neueren Polarreisenden haben Strandlinien und Terrassen von den arktischen Küsten beschrieben. Aus Westgrönland hat Kane uns ausführliche Beschreibungen gegeben. In der Rensselaer Bucht sah er 41 übereinander. „Diese imposante Reihe von Treppen führt dich in 41 Riesenstufen zu einer Erhebung von 480 Fuß. Die unteren bestehen aus Granitblöcken und verkitten sich mit dem Eisfuße zu einem Konglomeratgestein gröbsten Kornes, die oberen sind aus Kieseln. Wie diese seltsamen Gebilde sich in langen Spiralen um die vorspringenden Pfeiler der Fjorde winden, erinnerten sie mich an die ‚parallel roads‘ von Glen Roy.“ In der Polarisbucht sollen die Terrassen bis zu 600 m ansteigen. Grinnell-Land zeigt Strandlinien bei 300 m. Noch weiter nach Norden weisen die in Greelys Beschreibung leider nur flüchtig mitgeteilten Beobachtungen des Leutnants Lockwood über die nach ihm benannte Insel, die anfangs schwer zu ersteigen war, bis von einiger Entfernung unter dem Gipfel an der Boden mit Steinen belegt war, so gleichförmig an Größe, Lagerung ꝛc. wie eine makadamisierte Straße. In Ostgrönland hat Julius Payer auf der Shannoninsel, Sabine-Insel und auf der westöstlich streichenden Küstenlinie zwischen Port Broer Ruys und der Mackenziebucht die Erosionslinien einstiger Brandung in „einem System übereinander liegender Höhenschichten“ gesehen, die besonders bei mäßiger Schneebedeckung in auffallender Form zu beobachten waren. Auf Shannon gewannen sie „die Gesamthöhe von einigen hundert Fuß“, und die einzelnen Stufen waren von dem feinen Schutt erfüllt, wie er nur dem Meeresstrand eigen ist. Auch Muschelbänke kommen in Ostgrönland vor, enthalten in König Oskars-Fjord sogar Mytilus edulis, der lebend heute erst $7^1/_2{}^0$ weiter südlich gefunden wird. Die starken Beweise für Hebung an der Südwestecke Islands sollen hier nicht vergessen werden, wenn sie vielleicht auch einer anderen Klasse von Erscheinungen, der vulkanischen, angehören.

Gehen wir von Grönland südwärts, so finden wir noch deutliche Spuren von Hebungen an der Küste von Labrador in Höhen von 130—160 m, und im nordöstlichen Teile von Nordamerika, am unteren Sankt Lorenzstrom, bei 50 m, bei New Haven noch bei 15 m, und so nach Süden abnehmend. Die Meeresstrandlinien treten auch im Binnenlande auf, soweit das Meer einst in der heutigen Hudsonrinne eingedrungen war; sie liegen 25 m hoch bei New York, 100 m bei Albany. Es hat aber hier nicht eine einzige Hebung stattgefunden, sondern der starken Hebung des nördlichen Teiles von Nordamerika in der Eiszeit folgte eine Senkung, der eine erneute Hebung gefolgt ist. Und der zweiten gehören die Strandlinien an. Aber schon in New Jersey scheint eine schwache Senkung anzudauern.

Schon Payer hatte in Franz Josefs-Land schuttüberlagerte Terrassen mit organischen Einschlüssen gesehen, und Nansen hat dort Walfischknochen in 16 m Höhe, eine Strandterrasse in 26 m und niedrigere von jungem Alter, mit Mya- und Saxicavaschalen bestreut, gefunden; Strandlinien sind in Spitzbergen häufig, wo übrigens schon Torell 1864 gehobene Treibholzlager über neu angeschwemmten und an der Parryinsel ein gehobenes Walskelett fand, und wir begegnen ihnen auch an den Nordküsten Asiens.

Es ist sehr merkwürdig, daß auch das gemäßigte Südamerika Strandlinien und Terrassen aufweist, und noch auffallender, daß auch diese polwärts zuzunehmen scheinen. Dem großen Stile des Bodenbaues entsprechend, ist in Südamerika das Land zwischen dem La Plata und der Südspitze gleich in einer Länge von mehr als 2000 km bis zu 100 m und darüber gehoben. Selbst auf den obersten Stufen liegen die mitgehobenen Muscheln eines uralten Seebodens. Den Pausen zwischen den Hebungen entsprechend, ist das Land stufenförmig gebaut. Die Stufen mit ihren Klippenrändern gleichen ganz den großen Strandlinien des Nordens. Zunächst zeigt das Feuerland die Spuren einer Hebung um 60 m, der Stillstand gefolgt zu sein scheint. Auf der Seite des Stillen Ozeans sind Hebungsspuren von der Magalhãesstraße an häufig. In den Kordillerenthälern Chiles kommen lange Terrassenzüge vor. Sie bestehen aus Flußsteinen und Sand. In Nordchile füllt derselbe Schutt die Thäler vollständig aus, weil dort die Flüsse fehlen. Im mittleren Chile zählt man 5—6 übereinander. Die Seemuscheln, die hier Darwin bei 400 m bei Valparaiso lose auf der Erde liegen sah, hat zwar Fonck als Muschelhaufen der Indianer bezeichnet, aber Alexander Agassiz will ebendort sogar in 1000 m rezente Korallen an Felsen haftend gefunden haben. Die Strandterrassen sind oft so breit, daß Wege auf ihnen angelegt werden können. Sie vertreten die Strandlinien und sind gleich diesen Zeugnisse von Hebungen, die durch Stillstand unterbrochen waren. Ob hier nicht auch zusammen mit langsamen Hebungen ruckweise, vielleicht durch Erdbeben verursachte Aufwärtsbewegungen auftreten, wie sie mehrmals von der chilenischen Küste berichtet wurden, kann nicht sicher entschieden werden; es ist nur wahrscheinlich. Von der Westküste des Stillen Ozeans liegen ausgezeichnete Beobachtungen über die Strandverschiebungen an den japanischen Inseln vor (vgl. S. 214 f.). Sie bezeugen Hebungen von etwa 2—3 m im Jahrhundert in der Bucht von Yokohama, Küstenterrassen in 40 m und dann wieder 60—90 m höher an der Küste von Yesso. Milne glaubt, daß in Japan, ähnlich wie in Peru und Chile, die Hebung der Küste mit dem Fortschreiten gegen den Pol zugenommen habe. Er sieht den Beweis dafür im Vergleiche der Hebungsspuren an den Küsten von Hondo und Yesso. Auf der entgegengesetzten Seite des Stillen Ozeans scheint dagegen der Eintritt des Meeres in die herrliche Bucht von San Francisco die Folge einer Senkung zu sein.

Überall, wo wir im hohen Norden und im gemäßigten Süden der Erde diese starken Spuren von Hebungen in Strandlinien und Küstenterrassen finden, treten sie zusammen mit Merkmalen von vorausgegangener Senkung auf. Sie erscheinen besonders häufig an Fjorden, die versunkene Thäler sind. Alle Fjordküsten haben einst viel höher gelegen als jetzt. Und wo sie Strandlinien tragen, sind sie darauf bis zur Höhe dieser Strandlinien gesunken und haben sich neuerdings wieder gehoben. Ob nicht dann neuerdings wieder Senkungen eingetreten sind, die oft sogar noch fortdauern, möchte man nicht überall und unbedingt verneinen. Südgrönland hat z. B. Spuren von neueren Senkungen. Kane will sie bis Upernivik nordwärts beobachtet haben, wobei er hauptsächlich Eskimohütten im Auge hat, deren Schwelle das Meer bespült, und die Abbrüche des Rasens, der, 0,5 m mächtig, bis ans Meer reicht. Wahrscheinlich sind Steinriffe auf dem Küstenabfall Ost- und Westgrönlands versunkene Moränen einer Vereisung, die etwas größer war als die heutige.

Im Stillen Ozean sind Senkungen überall anzunehmen, wo Korallenriffe aus großen Tiefen ragen. Es ist also ein gewaltiges Gebiet von Senkungen von Neuguinea bis zu der Inselwolke der Paumotu und von Tonga bis zu den Nordausläufern von Hawaï anzunehmen. Doch kommen mitten in den Senkungsgebieten Zeugnisse für Hebung vor und beweisen genau wie die nordischen Strandlinien die räumliche Beschränktheit dieser Bewegungen. An den Inseln des Stillen Ozeans gehören gerade Korallenriffe zu den Bildungen, die als Strandlinien in verschiedenen Höhen über dem Meer auftreten. Leider fehlen zu oft die näheren Angaben, ob wir es darin mit älteren oder jetzt lebenden Korallen zu thun haben. Die aus vulkanischem Tuff bestehende Insel Eua der Hapaigruppe (Tonga) trägt drei Kalkstufen in 150, 76—107 und 2 m Höhe, wovon die mittlere aus echten Riffkalken besteht. Auf Neuguinea sollen gehobene Korallenriffe bis zu 400—500 m Höhe vorkommen. Unter den Neuen Hebriden ist Efat über 700 m hoch aus Korallenkalk gebaut. Im südlichen Stillen Ozean ist, wie die australische Küste beweist, eine Senkung dem heutigen Zustande vorangegangen, wo nun in Verbindung mit starker Küstenerosion eine Hebung stattfindet.

Die Ruhe, die Afrikas ganzer Bau ausspricht, waltet auch über seinen Küsten. Am mittelmeerischen Rande spricht man von Hebungen auf der Halbinsel von Tanger. Versandende Häfen weisen in größerer Zahl Algerien und Tunesien auf. Schweinfurth hält es dagegen für möglich, daß die Verschiebung der Hauptabflüsse des Nildeltas nach Westen durch ein Absinken im westlichen Teil hervorgerufen wurde. Spuren von Hebung zeigen sich auf der Landenge von Sues, in gehobenen Muschelbänken am Roten Meere. Bei Ras Muhamed liegen Korallenbänke in 9—12 m Höhe über dem Meere. Hierher gehört vielleicht auch die Versandung der Häfen von Kosseir, Arsinoë, Dschebdah. Im übrigen Afrika sind die Spuren von Küstenschwankungen selten. An der Südostküste sind einige Inseln landfest geworden, so bei Port Natal, dessen Hafen einer derartigen Bewegung seine Geräumigkeit verdankt. Über Port Elizabeth liegen Bänke von jetzt lebenden Muscheln. Die Basaruto-Inseln bei Sofala sind nach Griesbach in Hebung begriffen. An der Küste von Sansibar gehen neben Spuren früherer Hebung solche neuerer Senkung einher. Krapf wollte Senkung schon an der Insel Kilwa erkennen. An der südwestafrikanischen Küste ist wenigstens in der Gegend des 16. Breitengrades Hebung um 40 m sicher nachgewiesen.

Durch große Unruhe sind die Küsten aller Mittelmeere ausgezeichnet. In den Mittelmeeren gibt es kaum eine ruhige Küste. Hebungen und Senkungen lösen einander ab, nachdem die heutigen Höhen und Tiefen dieser Meere erst in spättertiärer und zum Teil in diluvialer Zeit durch eine Reihe von großen Versenkungen entstanden sind.

Lassen wir die vulkanischen Gebiete mit ihren oft plötzlichen Bewegungen beiseite, so ist zunächst im europäischen Mittelmeere die Küste Dalmatiens reich an Zeugnissen der Senkung. Dort haben fast alle größeren Städte ihre Lage zum Meere verändert. Von Triest bis zur Insel Lissa findet man altes Pflaster, Hafendämme, Schiffsringe unter dem Meeresspiegel. Nicht bloß römische Pflaster liegen bei Pola und Parenzo unter dem Meere, es liegen in Pola vier Pflaster übereinander, wodurch die fortdauernde Senkung des Stadtbodens wahrscheinlich wird. Trau liegt auf einer Insel, die früher Halbinsel war, und der bis ins 17. Jahrhundert mit Süßwasser gefüllte Vranjasee in Albanien ist zum Salzsee geworden. Auch die albanische Küste sinkt. Die alte Römerstraße am Golfe von Arta liegt mehr als metertief im Meer, und die Mündung des Golfes von Korinth soll seit Strabos Zeit ihren Durchmesser verdoppelt haben. An der ligurischen und südfranzösischen Küste geht Senkung, welche tief untergetauchte Thäler bekunden, nach Westen zu in Hebung über. Die Ruinen des alten Tauroentum liegen großenteils unter Wasser. Auch bei Cassis gibt es Senkungsspuren. Die Lagunen westlich von der Rhonemündung sind alle viel seichter geworden seit der Zeit, wo römische Flotten dort einzulaufen vermochten.

Im Tyrrhenischen Meere sind die Pontinischen Sümpfe Meeresbucht, Lagune und See gewesen, der durch Hebung verschwand, dann durch Senkung wieder zum Sumpf wurde. Weiter im Süden gehen sie in Hebungen über. In Süditalien dauern Hebungen fort, die in der Pliocänzeit begonnen haben und deren oberste Terrassen 1300 m erreichen. An der Küste Siziliens sind die Beweise für Hebung allerseits klar. Am Monte Grifone befindet sich eine Höhle 67 m über dem Meer, in der man Spuren von Bohrmuscheln sieht. Der Monte Pellegrino bei Palermo ist eine erst in nachtertiärer Zeit festgewordene Insel. Die alten Häfen von Palermo, Selinunt und Trapani sind versandet. Die Küste von Milazzo zeigt Spuren von Hebung. Auch für die Küste Sardiniens wird Hebung angenommen. Aber die für Korsikas Westküste von Reusch angenommene Hebung ist zweifelhaft. Die Löcher der Bohrmuscheln bei Nisida in 10 m Höhe, die wenig tiefer bei Pozzuoli liegenden Ablagerungen lebender Muscheln, die 15 und nahe 20 m hoch liegenden Ablagerungen ähnlicher Art an der kalabrischen Küste bezeugen Hebungen langsamer Art, ohne alle Spuren von Gewaltsamkeit. Im Ägäischen und im Schwarzen Meere sind Senkungen im größten Maßstabe noch nach dem Ende der Tertiärzeit, vielleicht gleichzeitig mit der Eisausbreitung im Norden, eingetreten. Die Inseln und Halbinseln des Ägäischen Meeres sind nur schwache Trümmer der alten Ägäis, die wahrscheinlich gleichzeitig mit jenem östlichen Lande versank, an dessen Stelle die tiefsten Teile des Pontus und des Kaspischen Sees getreten sind.

Schon in der vulkanischen Natur des Bodens der Inseln der Mittelmeere sind Hebungen und Senkungen begründet, die nicht selten verhältnismäßig rasch sich vollziehen und miteinander abwechseln. Ein großer Teil der Gesteine, die Santorin aufbauen, ist untermeerisch abgelagert und dann gehoben worden. Später sind aber einzelne Teile wieder gesunken und zwar auch in geschichtlicher Zeit. Der kleine Hafen von Phira ist vielleicht erst 1802 bei einem Erdbeben so tief versunken, daß jetzt das Meer in seinen einst 1½ m über dem Meer angelegten Magazinen steht. Über Bodenschwankungen in den Phlegräischen Feldern vgl. S. 181.

Im australasiatischen Mittelmeere finden wir Spuren einer großen Senkung aus nachtertiärer Zeit in den großen Sundainseln und der Halbinsel Malakka, die ein zusammenhängendes Land bildeten. Im östlichen Teile dieses Meeres sind Spuren von Hebungen verbreitet. Nordcelebes muß sich seit den ältesten neueruptiven Bildungen langsam und ungleichmäßig gehoben haben. An der Nordküste kommen Korallenbänke bei 400 m vor, und auf Sumba hat Ten Kate rezente Muscheln bei 470 m nachgewiesen. Neuere Hebungen von Java bezeugen Korallenriffe 1—2 m über dem heutigen Stand des Meeres, und sie müssen sehr gleichmäßig gewesen sein, wenn die posttertiären Schichten dieser Insel so vollkommen horizontal liegen, wie Verbeek sie beschrieben hat, der eben deshalb eher an ein Sinken des Meeres glauben wollte.

Im amerikanischen Mittelmeere finden wir 20 m hohe Küstenterrassen in den jungtertiären Basaltgebilden von Haïti. Und an den Küsten Jamaikas folgen übereinander Riffe von noch jetzt lebenden Korallen in 20, 8 und 5 m Höhe. Höhenverschiebungen an der atlantischen Küste von Nicaragua, die wahrscheinlich zu dem raschen Versanden der dortigen Häfen beitragen, erweckten neuerdings Bedenken im Hinblick auf den Interozeanischen Kanal. Ganz gleichmäßig gehobene Korallenriffe bilden um Kuba 9 m hohe Stufen, die Seborucos, die mit einem 5 m hohen Kliffrand abfallen; ihnen entsprechen ebenso hoch gehobene Sumpfablagerungen, die Cimegas, die derselben Stufe angehören.

Betrachten wir die Strandlinien und verwandte Erscheinungen in ihrer Gesamtheit, so sehen wir, wie sie, unabhängig voneinander, von Ort zu Ort in anderer Höhe und verschiedener Zahl auftreten; aber im ganzen zeigen sie doch wieder ein reiches Maß von Übereinstimmung. Sie überschreiten nicht eine mäßige Höhe und dürften um 50—60 m am häufigsten sein. Sie sind auffallend häufig in den arktischen und subarktischen Zonen der Erde, von wo sie nach den gemäßigten Zonen hin herabsinken, treten dort am öftesten in Verbindung mit Fjorden auf, gehen in Schutt-Terrassen über und liegen überall, wo Spuren der Eiszeit vorkommen, über diesen, sind also jünger als die Eiszeit. Nicht überall laufen sie dem Meeresspiegel rein parallel, und wo mehrere übereinander vorkommen, bilden oft die höheren einen Winkel mit den tieferen; immerhin kommen parallele Strandlinien von geringer Höhenverschiedenheit in weiten Küstengebieten vor und scheinen z. B. in Labrador über mehr als 1000 km in 130—160 m Höhe verfolgt werden zu können. Mehr zerstreute, weniger gleichartige und nicht so häufige Strandlinien und

Küstenterrassen begegnen uns in den drei großen Mittelmeeren. Und endlich sind auch im Tropengürtel Beweise von Hebung nicht selten an Korallenriffen klar abzulesen.

Erklärung der Strandverschiebungen.

Wenn Land und Wasser sich aneinander verschieben, so kommen im Grenzgebiet beider, in der Küste, die daraus entstehenden Veränderungen zum Ausdruck. Die Grundfrage ist dann: ist der Sitz dieser Bewegungen im Land oder im Wasser? Natürlich ist zuerst allgemein das Wasser verantwortlich gemacht worden, das an und für sich bewegliche, dessen veränderliche Wasserstände man in halb abgeschlossenen Meeren, wie Ostsee und Mittelmeer, deutlich genug beobachten konnte. Die Meinung der frühesten wissenschaftlichen Beobachter der Strandverschiebungen an den schwedischen Küsten war, daß das Meer sinke. Auch Pater Hell, der 1769 die erste Küstenterrasse auf der Insel Maasö (nahe dem Nordkap) maß, wollte damit die Annahme begründen, daß das Meer überhaupt im Sinken sei. Bei örtlicher Verschiedenheit der Strandlinien mußte aber diese Erklärung aufgegeben werden, die nur den Meeresspiegel in ihnen wirksam sah. Hutton, Playfair und Buch ließen den Meeresspiegel vollständig eben bleiben und verlegten alle Bewegungen in das Land. Runeberg hatte sich schon 1765 in ähnlichem Sinne ausgesprochen. „Gewiß ist es“, sagt L. von Buch, „daß der Meeresspiegel nicht sinken kann; das erlaubt das Gleichgewicht der Meere schlechterdings nicht. Es bleibt, soviel wir jetzt sehen, kein anderer Ausweg, als die Überzeugung, daß ganz Schweden sich langsam in die Höhe erhebe, von Fredericshall bis gegen Abo und vielleicht bis Petersburg hin.“ Wir wissen heute, wie richtig damit der Sachverhalt bezeichnet war. Da aber diese Erkenntnis in der Blütezeit des Vulkanismus aufging, dem man nicht ohne Berechtigung vorwarf, daß er vor keiner Erdbewegung zurückschrecke, sei sie nun konvulsiv oder unmerklich langsam, und da die Zeugnisse der Strandverschiebung zunächst so wenig genau bekannt blieben, daß die Annahme der einen oder der anderen Ursache weniger von Beobachtungen als von Meinungen abhing, konnte dann auch die Welle der vorbuchschen Auffassung wieder zurückströmen und die Ansicht von neuem Boden gewinnen, daß das zurückebbende Meer die Strandlinien hinterlasse.

So wie die Theorie der Hebung eine Knospe am Baume der Erhebungstheorie der Vulkane und Gebirge war, so wuchs die neue Senkungstheorie aus der Lehre von der einschrumpfenden Erde hervor: man erkennt nur noch Faltenbildungen an der Erde, aber keine senkrechten Hebungen. Wer in der Wissenschaftsgeschichte kein Neuling ist, den blendet diese Lehre nicht so sehr, daß er nicht die Einseitigkeit erkennte, die in ihr ebenso irreführend und fälschend wirkt, wie einst in der Lehre von der Gebirgsbildung die ausschließliche Verwendung vulkanischer Kräfte. Weil man keine Hebungen mehr gelten lassen wollte, führte man das Steigen der Küsten auf Senkungen des Meeres zurück. Träger dieser Ansicht ist Sueß gewesen, dessen einzelne Versuche, Ursachen von Schwankungen des Meeresspiegels an Strandlinienküsten nachzuweisen, durchaus nicht gelungen sind. Sie haben aber in die ganze Lehre von den Strandverschiebungen eine heilsame Bewegung gebracht; alte und neue Beobachtungen und Deutungen sind durchgeprüft worden, und das Ergebnis ist eine Reihe feststehender Thatsachen, um die keine Deutung mehr herumkommt. Die Verschiedenheit der Größe der Strandverschiebungen auf engem Raume zeigt, daß ihre Ursachen oft örtlich beschränkt sind, oder daß eine große Ursache durch örtliche Einflüsse verändert ist. Ebenso klar zeigen uns die Symptome des Stillstandes eine zeitliche Beschränkung zwischen zwei Perioden der Bewegung. Beides geht nicht zusammen mit Schwankungen im Stande des Meeres, die viel verbreiteter und dauernder sein müßten.

In seltenen Fällen kann nur eine vorübergehend abgeschlossene, etwa durch Eis verbarrikadierte Meeresbucht einen örtlichen Hochstand erfahren haben, der Strandlinien hinterließ.

Wo immer ein Sinken oder ein Steigen eines Meeresteiles eintritt, muß das ganze Meer daran teilnehmen, und allgemeine Strandverschiebungen müssen die Folge sein. Solche Veränderungen, die der Entwickelungsgeschichte des Meeres überhaupt angehören, müssen in der Vorzeit stattgefunden haben; die Betrachtung des Meeres wird uns zu den allgemeinen Veränderungen des Meeresspiegels zurückführen. Heute sehen wir nur Strandverschiebungen von örtlichem Charakter, deren Ursache also im Lande liegen muß. Man kann auch einige Versuche als aufgegeben betrachten, durch Nebenhypothesen um die Bodenhebung herumzukommen. So kann man nicht mehr mit Sueß annehmen, daß beim Rückgang der eiszeitlichen Gletscher sich in den einzelnen Fjorden Eisseen durch die Verstopfung der Fjordausgänge zu einer Zeit bildeten, wo im Inneren bereits Schmelzung eingetreten war. Einer solchen Erklärung widerspricht vor allem die Regel, daß der Eisrückgang nicht seewärts, sondern landwärts gerichtet gewesen sein muß, ferner das Vorkommen von Meerestierresten in vielen Küstenterrassen, außerdem aber auch die Ungleichheit in der Höhenlage der Strandlinien in einem und demselben Fjorde und endlich die weite saumförmige Ausbreitung der glazialen Senkungen und der darauf gefolgten Hebungen in und nach der Eiszeit am Südrande der Eisbedeckung. Als schon in einem frühen Stadium der Kenntnis der Seeterrassen am Eriesee beobachtet wurde, daß sie nicht vollkommen horizontal ziehen, erklärte Whittlesey, der sie zuerst sorgfältig aufnahm, sie könnten eben deshalb nicht als Terrassen aufgefaßt werden, sondern seien durch absteigende Meeresströmungen verursachte, barrenartige Absätze! Die Annahme der Anziehung einer Inlandeismasse, die über Skandinavien 2000 m erreichen konnte, auf das umliegende Meer hat sich als ebensowenig wirksam erwiesen, um die Strandlinien zu erklären, wie der einst angerufene Druck einer Meeresströmung, der im Adriatischen Meere die Senkung der Ostküste erklären sollte. Wir kennen Strandlinien, die zur Erklärung durch Attraktion 9000 m mächtige Eisauflagerungen verlangen würden; solche Eismassen sind aber nicht bloß nirgends nachgewiesen, sondern sie sind auch physikalisch unmöglich. Es ist noch am wahrscheinlichsten, daß in Ländern, die heute trocken sind, einst ein feuchtes Klima höhere Wasserstände in begrenzten Wassermassen hervorbringen konnte; so wird die kaspische *Transgression* von 150 m über dem heutigen Stande dem feuchten Klima der Diluvialzeit zugeschrieben.

Aber im allgemeinen sieht man jetzt in den Strandlinien die Beweise für Bewegungen des *Landes*, die verwandt sein müssen mit den Wölbungen und Faltungen, denen die Gebirgsbildung zu verdanken ist. Sie zeigen uns, wie die Hebung zu verschiedenen Zeiten mit verschiedener Kraft arbeitet und wie sie von Ort zu Ort verschieden war. So ist die skandinavische Halbinsel in postglazialer Zeit am stärksten in einem Raume gehoben worden, dessen mit dem Gebirge Skandinaviens gleichlaufende Achse zwischen Christiania und Haparanda liegt. In diesem Raume sind Hebungen von 213 m verzeichnet worden. Nach allen Seiten nimmt von ihm aus die Höhe der Strandlinien ab. So erklärt sich auch die mit Unrecht angezweifelte Neigung der Strandlinien in einer bestimmten Richtung, z. B. in dem tiefen Altenfjord vom Inneren nach dem Meere zu. Bravais hatte hier schon 1835 beobachtet, daß im inneren Fjord die beiden Strandlinien in 67 und 29 m, im äußeren in 27 und 14 m Höhe liegen. Auch die Hebung der letzten Jahrhunderte an der Küste Schwedens ist örtlich verschieden, und ihr Maximum scheint wieder in derselben Gegend zu liegen, wie bei jener älteren großen Hebung. Daß zwischen zwei Hebungen Senkungen bis unter den heutigen Stand des Meeres vorgekommen

sind, kann man an der schwedischen Küste nachweisen. Eine ähnliche Hebung wie die Skandinaviens bezeugt im Gebiete der großen Seen Nordamerikas die Iroquoisuferlinie, die in 75 km Luftlinie 35 m in nordöstlicher Richtung ansteigt; diese Hebung gehört zu einer größeren, die einen Teil des Sankt Lorenz-Gebietes betroffen hat. Ihren größten Betrag hat sie in der Gegend von Quebek mit ungefähr 250 m erreicht. Auch die Strandlinien des Sankt Lorenz-Golfes gehören zu dieser (vgl. oben, S. 218) noch immer anhaltenden Bewegung. Dagegen macht die große Gleichmäßigkeit der Strandlinien von Labrador über eine Küste von 1000 km Länge hin den Eindruck einer langsamen, unmerklichen Hebung eines ganzen Landes um 130—160 m.

Wir sehen so viele kleine Symptome von Bodenbewegungen um uns, die sich, wo wir sie ganz überschauen können, immer nur zu mäßigen Beträgen summieren, daß es wohl nützlich sein mag, sich der großen Beträge zu erinnern, zu denen Senkungen und Hebungen in sehr langen Zeiträumen anwachsen können; freilich sind diese Zeiträume gewaltig selbst im Vergleiche mit den Jahrhunderttausenden, welche die Hebungen und Senkungen der Eiszeit und der seither verflossenen Zeit gesehen haben. Wenn wir bedenken, daß die marinen Schichten, die das Coloradoplateau aufbauen, gegen 5000 m mächtig und doch nirgends eigentliche Tiefsee-Ablagerungen sind, so muß die Senkung ihres ursprünglich nicht tiefen Bodens langsam mit ihrer Bildung fortgeschritten sein, so wie im Falle der Korallenriffe, die weit über 1000 m hinabreichen, während doch die riffbauenden Korallen nicht unter 40 m leben können. Wir haben hier deutliche Zeugnisse langsamer, andauernder und zugleich mächtiger Bodenbewegungen. Eine nicht ganz so große Bewegung hat das Land zwischen dem Mississippi und dem Felsengebirge erfahren, das zu einer schiefen, nach Westen ansteigenden Ebene dadurch wurde, daß Schichten, die in der Kreidezeit noch eben gelegen hatten, um 2000 m von Westen her einseitig gehoben wurden.

Die ruckweisen Verschiebungen als Folge von vulkanischer Thätigkeit und von Erdbeben haben wir kennen gelernt (vgl. S. 180 und S. 198 u. f.). Bei Strandlinien in Vulkangebieten ist immer an die Möglichkeit zu denken, daß sie durch eine solche ruckweise Hebung entstanden sind. Auf Tanna in den Neuen Hebriden liegt ein Riff 10 m hoch, das 1878 unter Erdbeben in zwei Rucken aus dem Meere hervorstieg, worauf noch vulkanische Ausbrüche folgten. Bei allen gehobenen Riffen des zentralen Stillen Ozeans und den Küstenterrassen des westlichen Südamerika ist dieser Ursprung möglich. Daß mit ihnen Senkungen wechseln können, zeigt Von Höhnels an die Säulen des Serapistempels von Pozzuoli erinnernde Entdeckung von Muschelbänken (Etheria) 20 m über dem Spiegel des Rudolfsees, dessen Ufer zugleich die Reste einer ertrunkenen Baumvegetation umstehen. Der Seespiegel mußte also um mindestens 20 m gestiegen und dann wieder so weit gesunken sein, daß die Wurzeln der Bäume ins Wasser kamen.

Die Benennung der Küstenschwankungen.

Zuletzt der Name. Der beste Name ist der, der einfach und klar die Natur der Erscheinung beschreibt. Hebung und Senkung sind nun insofern nicht ganz klar, als sie über die Beschreibung hinausgehen. Sie nennen uns die Ursache, ehe wir sie kennen. Wir wollen aber das Problem dieser Bewegung offen lassen, die zunächst nichts als eine Verschiebung des Strandes ist. Unter Hebung versteht jeder ein Hervorwachsen des Landes aus dem Meer, unter Senkung ein Hineinsinken, ein Versinken, wie von Vineta. Aber die Hebung des Landes könnte auch bewirkt werden durch ein Sinken des Meeres, und der Anschein der Senkung des Landes durch ein Steigen des Meeres. Man wandte die Namen Hebung und Senkung unbefangen an, solange man im Buchschen Sinn an Auf- und Abwärtsbewegung der Küste glaubte. Sueß versuchte aus der Auffassung der schrumpfenden, sinkenden, zusammenbrechenden Erdrinde heraus neutralere Ausdrücke einzuführen, indem er nur von Verschiebung der Küstenlinie sprach; doch minderte er selbst den Wert dieser Reform, als er das Beiwort „positiv" der Bewegung beilegte,

die man bisher Senkung genannt hatte, und negativ der, die man Hebung genannt hatte. Sueß ging ja von der Ansicht aus, daß die Erde sich, langsam erkaltend, zusammenziehe, daher ist ihm die Zunahme des Meeres am Strande positiv, die Abnahme negativ; positiv ist ein Steigen, negativ ein Sinken des Meeres und also auch der Strandlinie. Also schiebt sich in diese Benennung ebenfalls eine unbewiesene Voraussetzung hinein und trübt ihren Sinn. Seitdem diese Benennungen aufgekommen sind, sind nun aber auch die Beweise ungemein gewachsen, daß Sueß von einer unrichtigen Annahme ausging; wir wissen jetzt, daß, was er positive Verschiebung nennt, fast immer vom Sinken des Landes, und was er negative nennt, vom Heben des Landes kommt. Es wäre logischer und ganz besonders geographischer, wenn man bei der Benennung der Strandverschiebungen von der Veränderung der in Frage kommenden Flächen ausginge. Die Strandverschiebungen sind ja nur ein Symptom von Veränderungen der Größe der Land- und Wasserflächen. Ein Steigen der Küstenlinie bedeutet eine Verkleinerung, ein Sinken eine Vergrößerung der Landfläche, deren Grenze der Strand ist. Daher können wir vom Wachstum und Rückgang der Landfläche sprechen, ohne irgend einer Erklärung vorzugreifen. Die Landfläche verkleinert sich, wenn das Meer steigt oder das Land sinkt, die Landfläche vergrößert sich, wenn sich das Land hebt oder das Meer sinkt. Die Felsenreste im Inneren einer Korallenringinsel sind ein deutlicher Beweis für die Vergrößerung der Wasserfläche beim Sinken des Landes, denn der Riffring gibt annähernd die alte Küstenlinie; die Insel ist also bis auf diese Klippen zusammengeschrumpft. Die Strandlinien eines Fjordes zeigen ebenso deutlich die Vergrößerung der Landfläche bei der Hebung, denn was die Strandlinie heute an trockenem Land umgrenzt, war, als jene durch das Spiel der Brandung entstand, Meer. Diese Veränderung der Wasserfläche ist die wichtigste Thatsache in dem Prozesse. Die Strandlinien, Küstenterrassen und dergleichen sind nur Grenzerscheinungen ohne weitreichende Folgen, die Vergrößerung einer Wasser- oder Landfläche dagegen ist einmal an sich eine große Änderung des Antlitzes der Erde, und dann gehen davon große klimatologische und biogeographische Folgen aus. Wenn ich sage, während der Eiszeit vergrößerte sich die Meeresfläche auf Kosten des Landes und nach der Eiszeit das Land auf Kosten des Meeres, so eröffne ich einen Blick auf die Uhr der Zeit selbst, von der mir die Bezeichnungen positive und negative Schwankungen nur die Bewegungen der Zeigerspitzen ausdrücken.

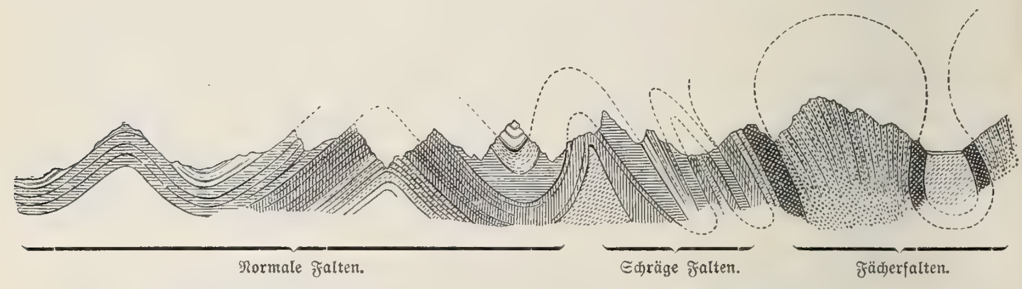
4. Die Gebirgsbildung.

Inhalt: Verschiebungen und Faltungen. — Die Faltung als Ursache innerer Unterschiede der Gebirge. — Die Zentralmassen. — Gebirgssysteme. — Hebung und Senkung in Faltengebirgen. — Reste und Ruinen von Gebirgen. — Gebirge und Festländer. — Spalten und Brüche. — Die Erkennung der Ursachen der Gebirgsbildung.

Verschiebungen und Faltungen.

Alle Störungen der Schichten der Erdrinde kann man auf Biegung und Bruch zurückführen. Es sind zwei verschiedene mechanische Vorgänge, die in den scheinbar widersprechenden Eigenschaften der Starrheit und der Biegsamkeit der Gesteine begründet sind. Ein und dasselbe Gestein ist unter gewöhnlichen Umständen starr; es wird aber unter einem Druck von mehreren Tausend Atmosphären biegsam, ja sogar knetbar. Keins von den Gesteinen, die einen starken

Anteil an dem Aufbau der Erdrinde nehmen, macht davon eine Ausnahme. Darum sind auch Biegungen, selbst der kühnsten Art, in allen Gesteinen zu finden, und Biegung und Bruch folgen aufeinander in verschiedenen Abschnitten der Geschichte einer und derselben Gesteinsschicht. Ja, es ist nicht zu verkennen, daß ein naturgemäßer Zusammenhang in solcher Aufeinanderfolge besteht. Die Bewegung einer Gesteinsschicht, die als Biegung begann, endigte als Bruch, wenn das Gestein, das zuerst plastisch gewesen, starr geworden war. Aus der Geschichte alter Gebirge lernen wir, daß zuerst die Schichten gebogen und in Falten gelegt wurden und daß nach langer Pause eine Masse von Brüchen diese Biegungen zerklüftete und ihre Falten in Trümmer zerbrach. Als die Gesteinsmasse gefaltet wurde, da war sie plastisch, und es folgten der Biegung sowohl die oberflächlichen als die tieferen Lagen. Als diese Plastizität verloren gegangen war, ereigneten sich die Brüche und Senkungen. Eine äußere Ursache ist für diesen Wechsel nicht anzugeben, sie kann nur in einer Änderung des inneren Baues der kleinsten Teilchen der Gesteine durch Druck und Wärme liegen (vgl. S. 229). Daher ist es auch ganz nutzlos, eine scharfe Sonderung der beiden vornehmen zu wollen. Wir kennen Übergangsformen,



Verschiedene Arten von Falten. Nach Albert Heim. Vgl. Text, S. 227.

die den Biegungen und den Brüchen gleich nahe stehen. Besonders aber sind die Fälle häufig, in denen dieselbe Kraft Biegungen und Brüche in verschiedenen Teilen ihres Wirkungsbereiches verursacht hat. So fließt die Donau von Ulm bis Preßburg in einem Bruch, der bei der Biegung der Alpen durch seitlichen Druck entstanden ist.

So greifen denn auch in den meisten Gebirgen Störungen jeder Art neben- und miteinander in den Schichtenbau ein, und es ist bei der Frage der Thalbildung oft nicht möglich, zu sagen, ob das Thal bloß die tiefste Stelle einer Schichteneinbiegung ist, oder ob eine Bruchspalte dem fließenden Wasser seinen ersten Weg gewiesen hat. In den meisten Fällen ist die Faltung auf seitlichen oder tangentialen Druck zurückzuführen, der Bruch und die Senkung auf eine radiale Bewegung in die Tiefe. Schwerlich ist aber der Grund der Brüche und Senkungen nur in der Gesteinsbeschaffenheit gelegen. Es sind oft dieselben Gesteine hier gebrochen und dort gefaltet, und Gesteine, die früher gefaltet waren, sind später niedergebrochen. Auch Änderungen in der inneren Struktur liegen nicht vor. Es scheint aber beim Bruche der plastische Übergangszustand der Gesteine in die Tiefe zu fehlen, und vielleicht hängen die Vulkanausbrüche in den Bruchgebieten damit zusammen, daß das Magma unvermittelter, flüssig von unten herantritt.

Bruchlose Faltungen sind in alten und neuen Gebirgen gewöhnlich. Oft zeigt sie schon der Bau junger Gebirge als regelmäßige Aufwölbungen, oft legt sie erst die Arbeit des Bergmanns in den Tiefen der Erde als die letzten Spuren abgetragener Gebirge bloß. Die Faltung ergreift ein gleichgeartetes Erdstück und bildet ein gleichartiges Gebirge, oder sie ergreift

einen Boden von verschiedener Zusammensetzung und bildet ein ungleichartiges Gebirge von denselben Formen. Die einfache Falte ist ein regelmäßiges Gewölbe, nach dessen Scheitel die Gesteinsschichten ansteigen, die vorher wagerecht gelegen hatten. Eine Falte ist symmetrisch, wenn beide Schenkel in gleichem Winkel ansteigen, unsymmetrisch, wenn die eine Seite steiler ist als die andere. Das Faltengewölbe kann ein stehendes, schiefes oder liegendes sein. Zwei Falten übereinandergeschoben bilden eine Doppelfalte (s. die Abbildung, S. 226). Der Natur fällt die Bildung einfacher Falten leichter als die doppelter; daher Reihen von einfachen Falten, die manche Gebirge allein aufbauen, wie den Schweizer Jura, oder doch überwiegend einfache Falten, wie im Apennin und in großen Teilen der Alpen. Ein starker Druck drängt die Basis einer Falte zusammen, worauf der obere Teil sich herauswölbt, so daß die Gesteinsschichten sich fächerförmig nach außen legen. Wird nun der obere Teil einer solchen Falte abgetragen, so liegt die Fächerstruktur frei, wie man sie am Gotthard beobachtet. Übrigens werden Falten, die an der Oberfläche sich breit auseinander legen können, in größeren Tiefen immer mehr zusammengepreßt, und der größere Widerstand, dem sie hier begegnen, muß auch ihre Gesteinsbeschaffenheit verändern.



Gefalteter Schiefer vom Piz Urlaun, Graubünden. Nach Albert Heim. Vgl. Text, S. 229.

Die einzelnen Falten sind immer verhältnismäßig kurz und schmal. Die längste Falte des Jura mißt 140 km. Die zwei Falten, aus denen Heims „Glarner Doppelfalte" sich zusammensetzt, sind 90 und 48 km lang, 16 und 13 km breit und bedecken zusammen gegen 1200 qkm, die größte Bildung ihrer Art, die man genau kennt. Natürlich ist hier nicht von ganzen Faltensystemen die Rede, die ganz andere Ausmaße erreichen; doch mag es nicht überflüssig sein, daran zu erinnern, daß die westlichen Faltenketten der nördlichen Anden über 11 Parallelgrade oder 1200 km in der gleichen Nordostrichtung ziehen. Große und kleine Faltungen sind immer eine Zusammendrängung, also Vermehrung der Masse des Erdbodens auf der Stelle, wo sie auftreten. Sie verdienen wohl, die positivsten Erzeugnisse der Gebirgsbildung genannt zu werden. In den Westalpen sind einzelne Schichtenkomplexe auf ein Drittel ihres ursprünglichen Raumes zusammengepreßt, für die Ostalpen in der Linie Tölz-Brenner-Vicentinische Alpen gibt Rothpletz einen Zusammenschub von 49 km an, und die Alleghanies sollen auf nahezu zwei Drittel des einstigen Raumes ihrer Schichten zusammengedrängt worden sein.

Ziehen zwei regelmäßige Falten nebeneinander, so lassen sie zwischen sich eine Mulde, und dieselben Schichten, die in den tiefsten Punkten der Mulde zusammenstoßen, streben voneinander weg in dem Scheitel der Falten oder Wölbungen. Die zu einander geneigten Schichten nennt man synklinal, die voneinander geneigten antiklinal. Diese in der Geologie geheiligten Ausdrücke Synklinalen und Antiklinalen kann der Geograph um so eher entbehren, als sie den Thatbestand weniger richtig bezeichnen, als die Verdeutschungen Faltengewölbe und Faltenmulde. Die Sache selbst aber ist von großer Bedeutung. Die Faltenmulde ist von Anfang an

ein prädestiniertes Thal, das Faltengewölbe ein fertiger Höhenzug: von der Wölbung rinnt das Wasser herab, in der Mulde sammelt es sich. Uralte Bildungen dieser Art wirken in die Gegenwart herein, und nicht bloß als Thäler und Höhen. Ist doch die Steinkohlenformation des Ruhrbeckens in eine Anzahl von parallelen Falten gelegt, die zwischen Westsüdwest und Ostnordost streichen, zwischen denen die vier wichtigen Mulden von Witten, Dortmund-Bochum, Stoppenberg und Recklinghausen mit ihren Steinkohlenflözen liegen. In der Entwickelung der Gebirge spielen freilich die Faltengewölbe und Faltenmulden oft eine genau entgegengesetzte Rolle. In jungen Gebirgen, wie im Jura und zum Teil auch in den Alpen, sind die Berge allerdings Gewölbe; aber in älteren sind sie aus Faltenmulden herausgearbeitet, die der Aufblätterung und Abtragung stärkeren Widerstand leisten. Werden schiefe Falten aufeinandergedrängt, so fallen alle ihre Schichten in gleicher Richtung; man spricht dann von Isoklinalen.



Druckwirkung im Kalkstein von der Windgälle, Schweiz. Nach Albert Heim. Vgl. Text, S. 229.

Auf einige Eigenschaften der Faltenbildungen der Erde, die für das Verständnis des Vorganges der Faltung von Interesse sind, möchte ich noch besonders hinweisen. Unterscheiden wir in jeder Falte die Umbiegungsstelle von den beiden Schenkeln, so sind bei großen und kleinen Falten der Gebirge die Umbiegungsstellen als die Stellen der größten Zusammendrängung stärker als die Schenkel. Ebenso ist in der Nähe der Umbiegungsstelle immer die Schieferung durch Druck deutlicher als an den entfernteren Teilen der Schenkel. Beides beweist, daß die Faltung nicht auf Quellung von unten, sondern auf Druck von den Seiten eintrat, der die Gesteinsmasse nach dem Scheitel zusammendrängte. Daß dieser Druck nicht streng einseitig wirkte, scheint besonders daraus hervorzugehen, daß die Falten eines Gebirges sich durchaus nicht alle in der Richtung des Druckes legten, sondern je nach der Festigkeit ihres Materials und der relativen Höhe ihrer Fußpunkte in verschiedene Richtungen.

Zu allen Zeiten sind Teile der Erdoberfläche verschoben und zusammengeschoben worden. Solche Bewegungen haben schon nach der Ablagerung der ältesten Gesteine stattgefunden, die wir kennen, und in jungen Gebirgen, wie den Alpen, hat die Faltung schon in paläolithischen Zeiten eingesetzt. Anderseits bezeugen die Schollenbeben (vgl. S. 196), wie solche Bewegungen in die Gegenwart herabreichen. Es handelt sich bei den Faltungen immer um sehr kleine Arbeitsleistungen, die sich mit der Zeit erst zu großen Werken sammeln. So bestehen die Alpen allein aus vielen Tausenden von Falten. Es sind aber nicht bloß Falten, die seitliche Bewegungen an der Erdoberfläche anzeigen. Es gibt auch einfache Verschiebungen. Ganze Schichtentafeln sind auf leicht geneigter oder wagerechter Ebene verschoben worden, so daß alte Gesteine über jüngere

oft mehrere Kilometer weit übergreifen und sie zum Teil bedecken. Am frühesten hat man in Schottland diese Erscheinung erkannt, in dessen Hochland Übereinandertürmungen zerborstener Gesteinslagen unter demselben Winkel häufig vorkommen. Studer und später Gümbel nahmen an, daß alte Schollen, Reste eines voralpinen „vindelicischen Gebirges", von Norden her über den Boden geschoben seien, der später alpin gefaltet wurde. Granite und andere alte Gesteine des Lausitzer und Jeschkengebirges sind so über die Kreide der sächsisch-böhmischen Schweiz geschoben, und in den südlichen Alleghanies von Nordamerika verfolgt man auf einer Linie von 440 km die Überschiebung alter kambrischer Schichten über Schichten der viel jüngeren Kohlenformation, so daß man hier sagen könnte, wie Sueß vom Apennin: sie ragen als die vordere Kante einer höher liegenden Schuppe des Erdkörpers über tiefer liegendes Vorland hervor. Bestimmte Richtungen sind in allen diesen Fällen oft auf große Entfernungen hin festgehalten. Es liegt auf der Hand, daß leicht eine Überschiebung mit einer Doppelfalte verwechselt werden, oder daß Faltung, die mit einem Bruch endigt, in Überschiebung übergehen könnte.

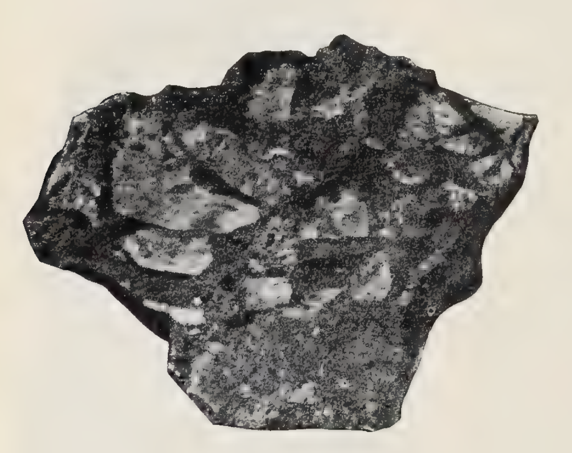


Gefälteter Schiefer mit zwei kleinen Verwerfungen. Nach Albert Heim.

Daß die Gesteine nicht immer in weichem Zustande waren, als sie gewölbt und gefaltet wurden, beweisen die Einzelheiten des Baues gefalteter Gesteine. Nicht die Beweglichkeit einer Flüssigkeit, sondern die Verschiebung der kleinsten Teile eines Körpers aneinander müssen wir in der Umformung der Gesteine sehen. Wir sehen neben der einfachen Biegung, die einen plastischen Zustand voraussetzt (s. die Abbildungen auf S. 227 u. 228), die Umformung mit Bruch, wobei die einzelnen Bruchstücke durch Risse getrennt, verschoben, wieder verkittet sind, Rutschflächen zeigen, ja in vollständige Breccien umgewandelt sind (s. die nebenstehende Abbildung und die auf S. 227 u. 230). Eine solche „innere Zertrümmerung" war nur bei festen Gesteinen möglich. Aber Gesteine von derselben Art und besonders von derselben Sprödigkeit finden wir an anderen Stellen auf das schönste gebogen, und es kommt sogar vor, daß nach Umformung mit Bruch erst noch Faltung in demselben Gesteinsstück stattgefunden hat. Am Finsteraarhorn mag man Falten sehen, wo die älteren Lagen oben und unten sind, während sie die jüngeren zwischen sich einschließen; und daß junge Gesteine zwischen alte eingequetscht sind, ist durchaus keine Seltenheit. Ja es gibt in den stark gefalteten Alpen nicht wenige Stellen, wo die Gesteine wie ausgewalzt, andere, wo sie geradezu ineinandergeknetet sind, als ob sie in teigartig weichem Zustand unter Druck geraten seien. Früh gefaltetes Gestein unterliegt später erneuten Faltungen, wobei sogar die ursprüngliche Richtung verlassen und eine gerade entgegengesetzte eingeschlagen werden kann. Daß dabei das Material auf den Gang und das Ergebnis der Faltungen nicht ganz ohne Einfluß ist, zeigt die Thatsache, daß die Gebirgsfaltung stärker auf Schiefer wirkt, deren einzelne Plättchen leichter bewegbar sind, und auf dünnplattigen Kalk, als auf dickbankige, quaderhaft aufgebaute Kalksteine, die oft als Klötze in dem Gewoge der Faltenbildung stehen blieben.

In jedem Gebirge sind beträchtliche Unterschiede der Faltung zusammengedrängt. In den Westalpen finden wir größere Zusammendrängung der Falten auf engem Raume, daher größere Höhe, Pressung der Schichten bis zur Fächerbildung, geringeres Hervortreten der Längsthäler, die sonst die Gebirgsfalten voneinander trennen. In den Ostalpen war die Faltung schwächer, die Höhen sind geringer, die Falten sind oft nur Gewölbe, zwischen sie sind zahlreiche, sehr deutlich ausgebildete Längsthäler eingeschaltet, und gegen den Ostrand zu strebt das Ganze ebenso auseinander, wie es im Westen zusammengefaßt war; daher die viel größere Breite der Ostalpen. Im Schweizer Jura endlich liegen deutlich erkennbar 16 einfache Falten nebeneinander, von denen man bei jeder Überschreitung eine Anzahl, Welle für Welle, auf beständig steigenden und fallenden Wegen quert.

Durchschreiten wir die Alpen, wo sie am höchsten sind, auf nordsüdlichem Wege, so wächst das Gebirge an Höhe nach Süden zu, und im höchsten mittleren Zuge sind die nördlichen Gruppen stärker gefaltet als die südlichen. In einem solchen Aufbau liegt die Begründung einer Regel, die Schlagintweit für die Gebirge Innerasiens ausgesprochen hat: die Hochgipfel gehen allmählich auf die südlicheren Ketten über, in denen dann die höchsten Erhebungen einer Gruppe vorkommen, ohne daß sie doch die massigsten wären; vielmehr schneiden tiefe Thäler neben den hohen Bergen ein. Und daher auch ein anderes gesetzliches Verhalten: im Tiënschan, im Hindukusch und im Himalaya liegt die Wasserscheide nicht auf der Kette, welche die höchsten Gipfel trägt. Auch zwischen anderen Gebirgen wechselt der Betrag der Faltung. Der Jura, der Apennin, der Atlas sind gefaltete Gebirge, die den Alpen verwandt, aber doch mit ihrer schwächeren Faltung viel einfacher gebaut sind. Flache Wölbungen bilden Falten, die oft in mehrfacher Zahl parallel ziehen, jede von der anderen gesondert. Die Gesteine sind wenig verändert; so eingreifende Metamorphosen wie in den Alpen findet man nicht. In den Alleghanies Nordamerikas, deren Faltung ungefähr in dieselbe Zeit zurückführt, welche die Bildung der deutschen Mittelgebirge sah (die Zeit der oberen Steinkohlenformation), liegen im mittleren Abschnitte die Falten frei nebeneinander wie im Jura, im südlichen sind sie übereinander geschoben und zusammengedrängt und zeigen ebenda starke Schieferung ihrer Gesteine infolge starken und anhaltenden Druckes. Viel stärker sind noch die Felsengebirge gefaltet, von denen Mendenhall annimmt, daß sich der Betrag ihrer Faltung zu derjenigen der Alleghanies unter 39° nördl. Breite ungefähr wie 3 : 2 verhalte.



Reibungsbreccie. Nach W. C. Brögger. Vgl. Text, S. 229.

Wollen wir erkennen, zu welcher Zeit ein Gebirge gebildet wurde, so müssen wir von der Gegenwart ausgehen. Wenn nun, wie in den Alpen, nur die Ablagerungen des Diluvium und Pliocän ihre Lage unverändert bewahrt haben, die oberen oder jüngeren, miocänen Schichten aber bereits stark gefaltet sind, so hat bis an den Beginn der Pliocänzeit die Faltung dieses Gebirges gedauert. So wie sie heute vor uns stehen, haben sich die Alpen zwischen dem Ende des Eocän und dem Beginne des Pliocän, also wesentlich in der Zeit des Miocän gebildet. Am

Südabhange der Alpen scheint diese nacheocäne Bildung die einzige gewesen zu sein. In den mittleren und nördlichen Zügen hat dagegen die Faltung früher schon einmal gearbeitet, und zwar hatte sie die alten paläozoischen Ablagerungen gefaltet, so daß also die gebirgsbildende Kraft in weit auseinanderliegenden Zeiten auf demselben Boden angesetzt hat.

Auf wie lange Strecken solche Faltungen auch dieselbe Richtung bewahren mögen, es gibt immer Stellen, wo die Kraft, der sie entspringen, geschlafen zu haben scheint. Zwischen den amerikanischen Felsengebirgen und den Gebirgen des Hochlandes von Mexiko liegt das Coloradoplateau, das ganz unberührt geblieben ist von den in vielen Beziehungen übereinstimmenden Umgestaltungen, welche die Gebirgsfaltung nördlich und südlich davon hervorgebracht hat. Die Art, wie die Gebirgsbildung Räume vollständig überspringt, verleiht ihr eine Ähnlichkeit mit dem Vulkanismus und den Erdbebenerscheinungen. Auch ihr Auftreten empfängt damit einen örtlichen Charakter. Die gebirgsbildenden Kräfte sind aber ausbreitungsfähig und scheinen zu wandern, wie Feuer in einem brennbaren Stoffe von Stelle zu Stelle glimmt und manchmal überspringt, bis endlich ein weiter Raum ganz umgebildet ist. Man hat von seismischen Strömen gesprochen. Wem sollte auch nicht die Erinnerung an die Ablagerung von Strömen auftauchen angesichts der schönen, geschwungenen Linien der Gebirgsbildung, die vollkommen identisch sind mit den S-förmigen Stromkurven oder Schwingungen der Ränder von Nehrungen oder Schwemmlandzungen; vgl. z. B. die Abbildung, S. 214, und das Kapitel „Die Küsten".

Nur kurze Gebirgsfalten sind gerade, bei längeren tritt immer eine Neigung zum gebogenen Verlaufe hervor. Faltengruppen und -Systeme sind in derselben Weise gewöhnlich bogenförmig angeordnet, und selbst die scheinbar scharfen Wendungen vollziehen sich in Bogen. Wer die starke bogenförmige Krümmung der europäischen Faltengebirge mit der allgemein viel flacheren Krümmung der asiatischen vergleicht (vgl. die Karte, S. 237), die einigen einen fast geradlinigen Verlauf gewährt, muß den Gedanken fassen, daß die Größe des Landraumes von Einfluß auf den Gebirgsverlauf sei. Ähnlich behalten auch die Kordilleren Amerikas bestimmte Richtungen auf lange Strecken bei. Doch muß man zugeben, daß auch Asien stärkere Biegungen in einigen Gebirgen aufzuweisen hat. Leicht S-förmig gekrümmt ist das Werchojansker Gebirge, und die ostasiatischen Inselbogen erinnerten Schrader und E. de Margerie sogar an die drei flachen Bogen der Pyrenäenvorberge über der Ebrospalte. Im Zuge der Faltengebirge findet gewöhnlich keine schroffe Ummendung von einer Richtung in die andere statt. Die Änderungen der Richtung vollziehen sich in den meisten Fällen allmählich, und es lassen sich nur ganz allgemein bestimmte Stellen hervorheben, die in dem Mittelpunkte derartiger Änderungen liegen. Am Col di Tenda findet innerhalb der Seealpen der Übergang von der westlichen in die nördliche, am Montblanc in den Penninischen Alpen der Übergang von der nördlichen in die östliche Richtung statt. Die Hochalpspitze bei Gastein, der östlichste Ausläufer der Tauern, bezeichnet die Richtung des Auseinandergehens der Hauptzüge der Alpen nach Nordosten und Südosten. Aber im ganzen ist die Gestalt dieses Gebirges durch den weiten Schwung der Bogen seines Um- und Grundrisses in höherem Grad ausgezeichnet als z. B. die Karpathen, die, ohne ihre geschlossene Kettenform aufzugeben, in scharfem Winkel bei Kronstadt abbiegen, oder der Atlas, der in fast rechtem Winkel einen Arm nach Tanger sendet, oder die andalusische Sierra Nevada, die an der Durchbruchsstelle von Gibraltar zum marokkanischen Rifgebirge umbiegt.

Für das Zurückfallen der Flügel des Alpenbogens hat Sueß den Widerstand der alten Gebirge vom Typus des Schwarzwaldes und des Böhmerwaldes verantwortlich machen wollen. Wir kennen aber den Mechanismus der Gebirgsbiegungen zu wenig, um darin mehr als eine

Vermutung sehen zu können. Jedenfalls ist die Bogenlinie in den Gebirgen, Brüchen und Vulkanreihen so allgemein, daß man sie als eine ursprüngliche und wesentliche Wirkung gebirgsbildender Kräfte ansehen muß. Die Thatsachen lehren uns nur, daß, wenn Gebirgsfalten sich an ein anderes Faltensystem oder an ein Massiv drängen, sie dadurch aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden in eine Richtung, die parallel oder annähernd parallel zu der des Hindernisses ist. Man nennt dies Scharung. Dann legen sie sich entweder „wie eine Stahldegenklinge gegen ein festes Widerlager" (E. Naumann), und man gewinnt den Eindruck einer Verwachsung und Verzweigung, oder sie erfahren schon in einer Entfernung von dem Hindernisse die Ablenkung und biegen schon hier in dessen Richtung um. So legen sich im unteren Indusgebiete die Falten des Hindukusch neben die des Himalaya, und man kann sie aus dem einen Gebirge in das andere verfolgen. Die Ursache der Scharung ist ein Druck, den das sich scharende Gebirge an dem Hindernis erfährt, oder die Begegnung zweier Richtungen der Gebirgsbildung. Es wird dabei immer eine Zusammendrängung von Massen stattfinden; es ist also von vornherein zu vermeiden, den durch eine solche Zusammendrängung gebildeten Knoten als einen „Ausstrahlungspunkt" zu bezeichnen.

Die Faltung als Ursache innerer Unterschiede der Gebirge. Die Zentralmassen.

Indem nun Bildungen des verschiedensten Alters und Aufbaues aneinander geschoben werden, entstehen Unterschiede der Höhen, der Formen und der Stoffe, die jedem Gebirge seine Eigenart verleihen. So bilden in den Alpen kristallinische Gesteine, hauptsächlich Gneis und Glimmerschiefer, eine mittlere Zone, die mit Unterbrechungen durch die ganze Länge der Alpen vom Ligurischen Meerbusen bis zur Donau sich hinzieht. An der Außenseite begleitet sie eine breite Zone von abgelagerten Gesteinen, meist Kalk, vom Ligurischen Meere bis zum Wiener Wald in ihrer ganzen Ausdehnung, an der Südseite ist die entsprechende innere Begleitzone von geringerer Ausdehnung, sie setzt erst vom Lago Maggiore ostwärts ein. Nur in der Linie Bodensee-Comersee stehen die innere und äußere Zone in Verbindung. Diese Zonen liegen nicht ruhig wie drei Bodenwölbungen nebeneinander, sondern die äußeren sind an den mittleren abgesunken oder aufgerichtet. Der Rigi, der Speer (bei Wesen) und ähnliche Nordalpenberge zeigen die gegen die mittlere Alpenzone einfallenden Schichten der äußeren; daher haben sie auch in ihrer Gestalt gemein den Steilabfall nach innen, den sanfteren Schichtenbau nach außen oder Norden (vgl. hierzu und zu dem Folgenden die beigeheftete „Geologische Karte der Alpen").

Nicht in allen Faltengebirgen ziehen die Falten einfach in der Längsrichtung des Gebirges nebeneinander fort. Dieses ist der einfachere Zustand. Neben ihm besteht ein verwickelterer darin, daß Gebirgsinseln zu Ketten aneinander gereiht sind. Ein Blick auf die geologische Karte enthüllt uns im Inneren vieler Gebirge eine Kette von Gneis- und Granitmassen, die wie Inseln aus Schiefer-, Kalk- und Sandsteinschichten jüngerer Bildung heraustreten. Daher ihr Name Zentralmassen. So sind sie, häufig von ellipsoidischem Umriß, gleichsam wie Glieder einer Kette an die ideale Achse des Gebirges aneinander gereiht. Glimmerschiefer und andere kristallinische Schiefer legen sich um sie her, und weiter nach außen fügen jüngere Gesteine, bis zu den Niederschlägen der letzten Reste der Tertiärmeere, sich ihnen an. Auch sie wurden einst von mächtigen Wölbungen gefalteter Gesteine bedeckt, aber ihre Hebung trug sie so hoch, daß Luft, Wasser und Eis ihre Hüllen zerstört und die kristallinischen Kerne bloßgelegt haben. Deswegen tauchen sie jetzt wie Inseln alter Gesteine aus den jüngeren hervor, die zwischen ihnen und um sie herum erhalten sind. Die Kettenbildung tritt vor diesen Zentralmassen zurück; sie

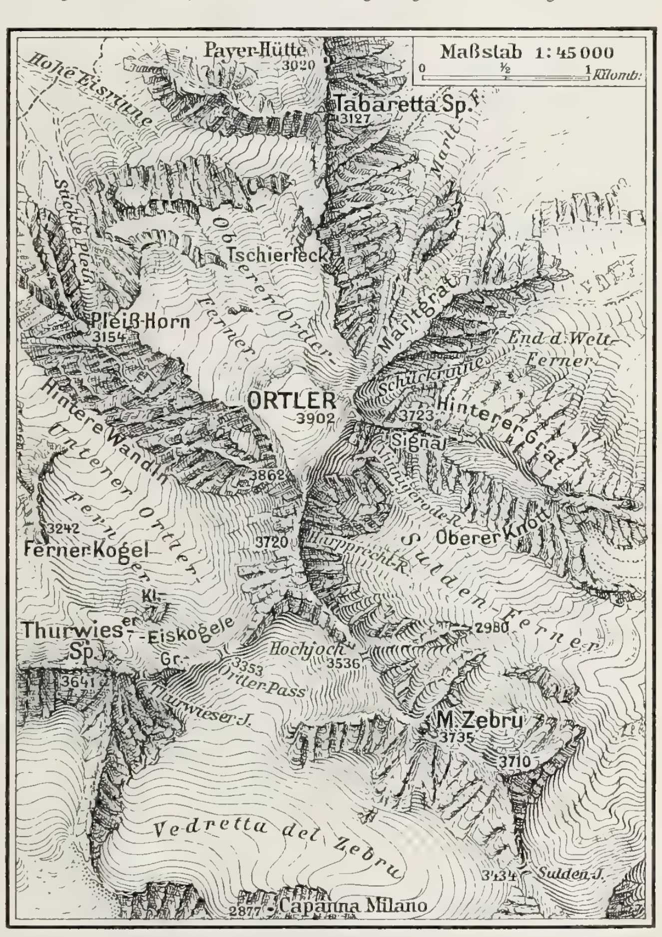


Bibliographis


GEOLOGISCHE KARTE DER ALPEN
nach Melchior Neumayr.
Maßstab 1 : 3 000 000
0 25 50 75 100 125 150 Kilometer
Alluvium u. Diluvium
Jüngeres Tertiär
Älteres Tertiär
Kreideformation
Juraformation
Triasformation
Perm und Carbon
Devon und Silur
Schiefer unbestimmten Alters
Krystallinische Schiefer, Gneis etc.
Granit, Syenit etc.
Basalt, Trachyt etc.
Porphyr, Melaphyr etc.
Diabas, Diorit, Gabbro, Amphibolit, Serpentin etc.
14
16
12
48
46
Regensburg
Ingolstadt
Kelheim
Straubing
Passau
Landshut
Freising
Isar
Mühldorf
MÜNCHEN
Braunau
Linz
Wels
Enns
Amstetten
Kremsmünster
Steyer
Waidhofen
Gaming
Melk
St. Pölten
WIEN
Krems
Donau
Horn
Znaim
Thaya
Nikolsburg
Eggenburg
Stockerau
Baden
Leobersdorf
Wien. Neustadt
Ödenburg
Neusiedler See
Rosenheim
Miesbach
Tölz
Traunstein
Salzburg
Reichenhall
Berchtesgaden
Kufstein
Gmunden
Ischl
Aussee
Gosau
Hallstadt
Dachstein
Werfen
Radstadt
St. Johann
Kitzbüchel
Mittersill
Windischgarsten
Hochschwab
Eisenerz
Vordernberg
Rottenmann
Selzthal
Mürzzuschlag
Bruck
Leoben
Steinamanger
Graz
Köflach
Judenburg
Murau
Tamsweg
Radstädter T.
Gastein
Wildbad
Lend
Innsbruck
Zell
Hochfeiler
Sr. Venediger
Pusterthal
Toblach
Lienz
Drau
Möll
Spittal
Gurk
Wolfsberg
Leutschach
Unt. Drauburg
Marburg
Bacher Geb.
Pettau
Warasdin
Raab
Mur
Klagenfurt
Villach
Bleiberg
Kanker
Raibl
Triglav
Krainburg
Cilli
Laibach
Save
Isonzo
Görz
Udine
Tagliamento
Belluno
Feltre
Vittorio
Conegliano
Piave
Treviso
Bassano
Schio
Brenta
Vicenza
Padua
VENEDIG
Chioggia
Legnago
Adige
Rovigo
Adria
Po
Ferrara
Comacchio
BOLOGNA
Ravenna
Montone
Forli
Rimini
S. Marino
M. Falterone
Pesaro
Foglia
Sinigaglia
Ancona
Golf v. Venedig
ADRIATISCHES MEER
TRIEST
Nabresina
Divača
Capodistria
Pisino
Rovigno
Pola
Adelsberg
St. Peter
Fiume
Veglia
Cherso
Zengg
Gottschee
Agram
Karlstadt
Kulpa
Sissek
Korana
Una
Bihač
Cortina
Cadore
Tagliamento
in Leipzig.

zeigt sich nicht, wie in den einfacheren Faltengebirgen des Jura, des Apennin, der Dinarischen Alpen, als bestimmend für den Gebirgsbau im einzelnen, sondern sie bestimmt nur den Gesamttypus des Gebirges, das dann doch im Großen eine Kette aneinandergereihter Falten und Erhebungen bleibt.

Nach Studer 19, nach Desor 36 an der Zahl, sind diese Zentralmassen ebensowohl für den Einblick in die Geschichte der Alpen von Wichtigkeit, als durch die innere Mannigfaltigkeit des Gebirgsbaues, die hauptsächlich ihr Werk ist, von Einfluß auf Klima und Lebewelt, nicht zuletzt auf den Menschen. Daß es im Westen vereinzelte, weit getrennte Massen sind, die nach der Mitte und gegen Osten zu breiter werden und auf weite Strecken hin miteinander zusammenhängen, steigert ihre individualisierende Bedeutung für das ganze System. Jeder von diesen massigen Gebirgsstöcken, „die bis in ihren innersten Kern zerklüftet und zerspalten sind, und von denen gleich Ästen einer knorrigen Eiche kurze, gedrungene Kämme nach verschiedenen Seiten ausstrahlen", hat seine Besonderheiten (s. die nebenstehende Karte). Der fächerförmig gefaltete Gotthard, der ruhiger gebaute, mehr gewölbeartige Monte Rosa, der warzenartig aufsitzende Tonalitstock des Adamello, die langgestreckten Tauern gleichen einander nur in der Zugehörigkeit zu den Alpen. Ihre Unterschiede werden durch tiefe Einschnitte verstärkt: ein bis auf 1362 m eingesenkter Paß mitten zwischen Ketten von weit über 3000 m, wie der Brenner, ist eine charakteristisch alpine Erscheinung, geradeso, wie hohe Übergänge von 1300 m zwischen Gipfeln von 1600 und 1700 m für den ruhigen, gleichmäßigen Bau des Jura bezeichnend sind.



Die Ortlergipfelgruppe.

Die höchsten Gebirge der Erde bieten ausnahmslos das Bild eines sehr mannigfaltigen geologischen Baues; sie umschließen alte und älteste Gesteine neben solchen, die in nahezu den letzten Abschnitten der Tertiärperiode abgelagert worden sind. Sie beweisen dadurch, daß sie langsam und unter mancherlei Schwankungen im Laufe der geologischen Zeitalter herangewachsen sind. Aus Gründen, die uns noch völlig dunkel sind, hat die Gebirgsbildung an der Stelle, wo sie einmal eingesetzt hatte, immer wieder ihre Arbeit aufgenommen. Deutlich tritt z. B. die alte vorpermische Faltung im Fundament der Alpen hervor, die in besonders großem

Maße gesteinumbildend gewirkt hat. Aber auch selbst vulkanische Länder, wie Japan, die wir sonst zu den jüngsten rechneten, zeigen uralte Gebirgsfaltungen aus einer Zeit vor der Ablagerung der paläozoischen Schichten. Ein Gebirge, das einmal eine gewisse Höhe erreicht hat, scheint die Aussicht zu haben, selbst nach langem Stillstand, an derselben Stelle fortzuwachsen. War nun dieses Wachstum auch stark genug, um die niederziehenden und abgleichenden Wirkungen von Wasser, Luft und leichteren Senkungen zu überwinden, so trat dann doch immer das Endergebnis ein, daß, während die Erdteilkerne sich hoben, rings um sie her sich die Trümmer ihres älteren Bestandes ablagerten. So nahm also das Land, indem es in die Höhe wuchs, gleichzeitig auch in die Breite zu. Und zwar scheint dabei, wenigstens in den Alpen, die gebirgsbildende Kraft hauptsächlich die neuabgelagerten Formationen ergriffen, die altgefalteten aber verschont zu haben. Das ist der Rest von Berechtigung, der von der alten Ansicht übrigbleibt, daß die Gebirge immer die ältesten Stücke ihrer Erdteile seien: sie sind allerdings älter als der sie umgebende Mantel von Trümmergesteinen, dessen Material aus dem Zerfall der Gebirge selbst stammt.

So wie in den Alpen den kristallinischen Gesteinen der inneren Falten gewaltige Lager geschichteter Gesteine nach außen hin folgen, so wird in den Pyrenäen eine Zentralkette aus altgefalteten Gesteinen, die von Granitdurchbrüchen durchsetzt ist, von Nebenketten aus Formationen jüngeren Alters begleitet, und so liegen die Schichten der Kohlenformation um den Außenrand der „mitteldeutschen Alpen". In dieser Vereinigung von Zonen verschiedenen Alters und Baues liegt ein Grund der größten inneren Unterschiede der Gebirge.

Es ist ein verhältnismäßig einfacher Fall, wo die kristallinische Zone in der Mitte von einer Zone geschichteter Gesteine innen und außen begleitet wird; so liegen die nördlichen Kalkalpen, die kristallinischen Zentralalpen und die südlichen Kalkalpen nebeneinander, und so kehren drei Gürtel auch in den Pyrenäen wieder. In den Schweizer Alpen ist das Verhältnis nicht so einfach; es fehlen die südlichen Kalkalpen, nur die nördlichen und die Zentralalpen sind hier vorhanden. Aber in den Westalpen haben beide Zonen sich verdoppelt: Cottische Alpen, kristallinisch; Kalkalpen von Briançon; Mont Pelvoux, kristallinisch; Kalkalpen von Savoyen. Ähnlich liegen im Himalaya mehrere kristallinische und Kalkhochgebirge nebeneinander; und gerade die große Wasserscheide besteht aus Kalk.

Vollkommen *symmetrische Gebirgsfalten* kommen selten vor und auch nur in geschlossenem Zustande. Bei gebogenen Falten ist der innere Schenkel in der Regel steiler als der äußere. Dasselbe finden wir bei ganzen Gebirgen, wie den Alpen, Apenninen, dem Atlas, bei dem Faltengebirge Japans, die alle den Unterschied zwischen der *Außen-* und *Innenseite*, der konvexen und konkaven, zeigen. Aber beim Himalaya ist der steilere Abfall außen, Hindostan zugekehrt. Wo Brüche und Senkungen am Aufbau mitwirken, vermehren sich die Ungleichheiten. Das Erzgebirge ist das Beispiel eines fast geradlinigen Gebirges mit steilem Abbruch nach Süden. Die Apenninen hatten einst ebenso wie die Alpen und die Pyrenäen ihre kristallinische Zone, aber sie ist im Adriatischen Meer abgesunken. Über die Ursache der Asymmetrie (des unsymmetrischen Baues) der Faltengebirge sind die Akten noch lange nicht geschlossen. Sie ist jedenfalls keine notwendige Erscheinung, sonst wäre sie allgemein. Sie ist auch nicht in jedem Falle als die Wirkung eines einseitigen Schubes zu betrachten, der sich an Hindernisse staute, wie bei den Alpen und dem Jura an den Vogesen und am Schwarzwald. Aber sie kehrt sehr häufig wieder, und zwar immer mit ähnlichen Eigenschaften, unter denen besonders die Einbrüche an der konkaven Innenseite mit den sie fast immer begleitenden Vulkanergüssen hervortreten, sowie der Gegensatz eines Tieflandes an der Innenseite zu einem Hochland an der Außenseite, der schon in den Alpen (Po-Tiefland im Gegensatz zur schwäbisch-bayerischen Hochebene) große Maße annimmt und in den

Faltengebirgen, die den Stillen Ozean umschlingen, fast auf einem größten Erdkreis wiederkehrt; der Steilabfall der Faltengebirge und Falteninseln ist dabei auf der amerikanischen wie auf der asiatischen Seite dem Stillen Ozean zugekehrt.

Gebirgssysteme.

Es ist eine ideale Forderung, daß zu Gebirgssystemen nur Gebirge von gleicher Entwickelung vereinigt werden sollten; aber man kann diese Forderung nur in ungenügendem Maße erfüllen, weil der größte Teil der Entwickelung der Gebirge in Zerstörung besteht, die ihre eigenen Spuren verwischt. Eine Gebirgsentwickelung beginnt nicht mit einem Keime und endigt nicht mit einem abgeschlossenen, reifen Werke der Schöpfung. Sobald die Faltung eines Stückes der Erdoberfläche begann, setzte auch schon der Zerfall ein. Daher sehen wir, daß in Wirklichkeit Gebirgssysteme natürliche Gruppen von Gebirgen sind, die entweder untereinander zusammenhängen, oder die durch ein gleiches geologisches Alter verwandt sind, oder endlich es sind Gebirge von übereinstimmender Richtung. Für die Geographie ist es wichtig, diese verschiedenen Arten von Gebirgssystemen auseinander zu halten. Wir wollen die räumlich klar zusammenhängenden Gebirgssysteme, also geographisch begründetsten, zuerst betrachten.

Auf der Erde liegen bewegten Stücken stille gegenüber. Es gibt Räume, in denen wie eine Ansteckung die Faltenbildung um sich gegriffen hat, so daß ein Gebirge sich an das andere reiht; daneben liegen Schichtenbauten, die seit undenkbar langen Zeiten nicht die leiseste Biegung mehr erfahren haben. Daher sehen wir hier ein Gebirge scharf gegen das Flachland abschneiden und dort ein anderes sich durch niedrigere, oft kaum sichtbare Falten mit einem anderen verbinden. So liegen die Alpen auf der Grenze zwischen einem ruhigeren und bewegteren Stück der Erde. Sie tragen einmal die Merkmale des bewegten Mittelmeergebietes und grenzen auf der anderen Seite an das ruhigere Mitteleuropa. Neben dem jungen Gebirgssystem des Himalaya liegt das alte indische Tafelland, das seit der Steinkohlenperiode keine Gebirgsfaltungen mehr erfahren hat. Ähnlich liegt in Afrika dem jungen Faltengebirgssystem des Atlas das alte, lange ruhende afrikanische Hochland gegenüber. Daher umschließen die Gebiete der Alpen und der alpenähnlichen Gebirge, die bis nach West- und Südasien ziehen (s. die Karte, S. 237), die Gebiete der ostasiatischen Inselgebirge und der Kordilleren von Amerika, die natürlichsten Gebirgsfamilien, die sich deutlich von diesen viel älteren Bildungen abheben.

Kein Gebirge tritt vollkommen isoliert auf; aber die Gebirgsverbindungen sind nicht immer klar zu erkennen. Daher ist der Gang der Erkenntnis der Gebirge immer gewesen: zuerst Auffassung als Einzelgebirge, dann Nachweis der Zusammenhänge. Von wie vielen Gebirgen ist gesagt worden, sie ständen ganz vereinzelt, bis ihre Verbindung bloßgelegt wurde: die Karpathen, die Sierra Nevada de Santa Marta (in Kolumbien, Südamerika) und viele andere. Erst durch die Entdeckung des Altyntagh wurden die scheinbar getrennten Küenlün und Nanschan verbunden. Ein so umfassender Begriff wie Alpensystem ist spät erst aus vielen Teilbegriffen entstanden, die man streng gesondert gehalten hatte. Noch einen Schritt darüber hinaus liegt die Erkenntnis, daß die einzelnen Bodenverschiebungen zwar örtlich bedingt, im ganzen aber etwas so Einheitliches wie die Erde selbst sind. Es gibt viele Fälle, wo die Gleichartigkeit der Richtung allein genügt, getrennte Gebirge zu verbinden: die Cykladen und die Gebirge von Attika, die Kleinen Antillen und die Gebirge des Nordrandes von Südamerika, die Balearen und die Sierra Nevada. In anderen Fällen schließen getrennte Gebirge im Bogen ein Senkungsfeld ein, das ihnen gemein ist: Atlas und Sierra Nevada.

Es gibt aber noch einen anderen sichtbaren Zusammenhang der Gebirge eines Systems, der an die Verzweigungen im Wuchse der Pflanzen erinnert. Gleichen nicht die Westgebirge Südamerikas einer schlanken Pflanze, die, nordwärts wachsend, einen Halm um den anderen heraussprießen läßt? Aus den zwei Kordilleren wurden jenseit des Äquators drei, in Kolum-

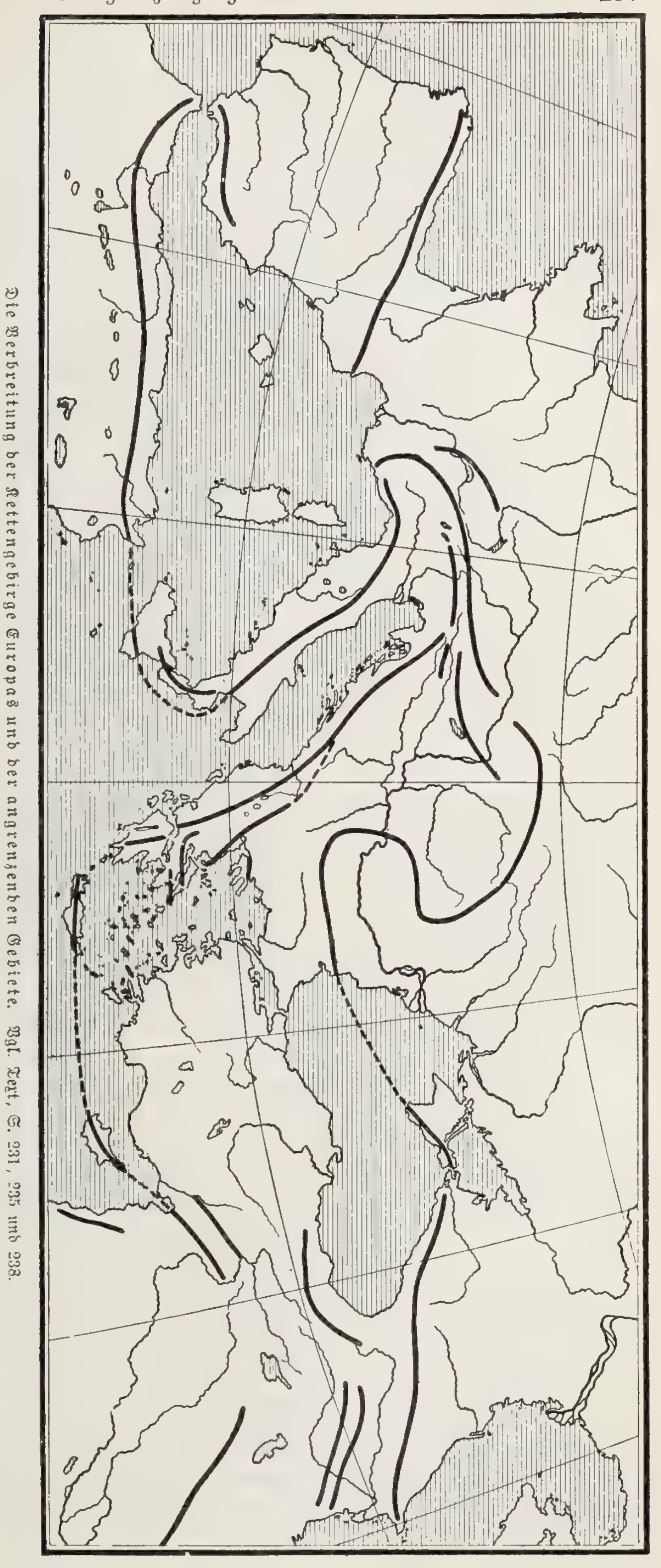


Karte der Kordillere von Kolumbien, Südamerika.

bien vier (s. die obenstehende Karte). Die Gebirge von Sachalin verleihen dem Umriß der Insel, indem sie Zweige nach Südosten senden, die eigentümlichen knospenden Vorsprünge in derselben Richtung. Auch das Auseinanderstreben der Ostalpen nach Südwesten und Nordosten erinnert an eine Ausbreitung schwanker Zweige um so mehr, als es die Nord- und Südalpen sind, die sich nach Nordosten und Südosten fortsetzen, während der mittlere Zug abbricht.

Ähnlich bricht auch im nördlichen Südamerika der mittlere Zug der Anden ab, und die beiden äußeren setzen sich in anderer Richtung fort.

Soweit aber unser Blick in das Werden der Gebirge reicht, ist der häufigste Grund anscheinender Verzweigungen die Annäherung selbständiger Bildungen, die an einzelnen Stellen begünstigt ist: kein Sprossen werdender, sondern ein Verwachsen fertiger Bildungen. Es ist nur ein Bild, wenn Albert Heim den Jura einen „abgeirrten Seitenzweig der Alpen" nennt. Bei solchen Gebirgen wie dem Jura und den Karpathen oder der Ostkordillere der nördlichen Anden legen sich vielmehr Gebirge von besonderem Bau aneinander wie Zweig und Stamm, aber ihre Eigenschaften zeigen, daß sie selbständig bleiben. Die Sierra Nevada de Santa Marta ist eine alte Granitscholle, die mit Diabasen, Dioriten, Porphyren und anderen altvulkanischen Gesteinen übergossen ist, an die ein jüngeres Kettengebirge, die Sierra de Perija, gleichsam angepreßt ist. Dasselbe kann man von dem sinischen Gebirgssystem Chinas in Bezug auf den Küenlün sagen; die geraden Linien des Küenlün ziehen starr nordwestlich, die Bogen der sinischen Gebirge, die im allgemeinen nordöstlich gerichtet sind, schließen sich an sie an, wo sie sich ihnen nähern. Und die



Die Verbreitung der Kettengebirge Europas und der angrenzenden Gebiete. Vgl. Text, S. 231, 235 und 238.

Ostalpen sind gebildet durch die Begegnung und das Aneinanderschließen zweier Faltensysteme, von denen das eine vorwiegend nach Norden, das andere vorwaltend nach Süden gefaltet wurde.

Vergleichen wir die wichtigsten Gebirgssysteme der Erde, so finden wir im Alpensystem Gebirge vereinigt, die demselben Gebiete angehören, nach übereinstimmenden Grundsätzen gebaut sind und dazu auch noch räumlich zusammenhängen. Der Jura und der Apennin sind von den eigentlichen Alpen gar nicht scharf zu trennen. Der Apennin ist als ein Faltengebirge von einfachen Verhältnissen den Alpen verwandt. Kleine Parallelketten aus meist geschlossenen Aufwölbungen, deren Gesteine in der Regel nicht stark zusammengedrückt sind, setzen ihn zusammen. Man kann zur Not eine Grenze ziehen, wo nördlich von Savona ein Granitkern als die südwestlichste der Zentralmassen der Alpen auftaucht, aber die nach Briançon genannte Kalkzone der Westalpen geht in den Apennin grenzlos über. Im Südosten ist der Karst nicht von den Alpen zu trennen; ebensowenig ist die bis in die Dalmatinischen Inseln hinaus so klar ausgeprägte Gleichrichtung der Dinarischen Alpen von der der Südalpen zu trennen; beide machen den Eindruck, derselben gegen die Adriatische Mulde gerichteten Schubrichtung entsprungen zu sein. Man verfolgt die dinarische Richtung der Alpen bis in die Südspitze des Peloponnes.

In den Karpathen setzen sich die Nordalpen fort wie in dem Dinarischen Gebirge die Südalpen. Verfolgen wir in den nordöstlichsten Zügen der Alpen die Fischbachalpen und das Leithagebirge zwischen dem Neusiedlersee und der Leitha donauwärts, so treffen wir bei Hainburg (auf dem rechten Donauufer oberhalb Preßburg) bereits auf den Granit der Kleinen Karpathen, die dann am linken Donauufer die Nordostrichtung der Alpen fortsetzen. Das Karpathensystem biegt dann nach Südosten um und schließt sich im Serbischen Gebirge mit einem Südostausläufer der Alpen wieder zusammen. Im Inneren dieses großen Bogens liegt ein großes Senkungsfeld, die Ungarische Tiefebene, deren Entstehung durch Senkung und Einbrüche der des Mittelmeeres ähnlich ist.

Im Atlas kehren die Züge des Apennin wieder. Sueß sieht in ihm einen umgekehrten, landeinwärts gefalteten und gestauten Apennin. Den eigentlichen Atlas bilden ungemein regelmäßige Falten, nur der Abfall zur Sahara ist steil. Wir haben schon darauf hingewiesen, wie in starker Biegung die Sierra Nevada sich mit dem Atlas verbindet, so daß zwischen den beiden das Iberische Meer mit der Straße von Gibraltar ein von schön geschwungenen Gebirgszügen umrandetes Senkungsbecken bildet. Eine alte kristallinische Zone ist bis auf wenige Reste eingebrochen. Vulkanische Inselchen und Berge bezeichnen auch hier die Stellen der Versenkung. Die trachytischen Gruppen von Galita und Dschafaran, die Basaltkegel von Oran und bei Nemours liegen vor den alten kristallinischen Gesteinen, die das Vorgebirge von Ceuta bilden, die Bucht von Mostaganem umsäumen und das Dschurdschura-Gebirge aufbauen. Dabei liegt eine merkwürdige Ähnlichkeit in der Entstehung der Sierra Nevada zwischen der afrikanischen und iberischen und in der Entstehung der Pyrenäen zwischen der iberischen und französischen Scholle.

Der Kaukasus ist gewissermaßen nur ein äußerliches Anhängsel Europas. „Durch weite Seen und Ebenen vom europäischen Gebirgssystem getrennt und daher unserem Seh- und Gefühlsvermögen ferngerückt" (M. Déchy), wird er die Alpen nicht von der Stellung des höchsten und großartigsten Gebirges Europas verdrängen. Aber auch der Kaukasus gehört zur alpinen Familie und ist als Bindeglied zwischen den europäischen und südwestasiatischen Gliedern sogar von großer Bedeutung (s. die Karte, S. 237). Kleinasien und Iran, einst für einförmige Hochebenen gehalten, werden von Falten durchzogen, die im Hindukusch sich mit dem großen Gebirgsknoten des Pamir vereinigen. Während diese Falten über Cypern und Griechenland mit den Dinarischen Alpen sich verbinden, schließt sich der Kaukasus durch die Gebirge der Krim und den Balkan an die Karpathen an. Im westlichen Turkestan aber tritt der Kaukasus in Fühlung mit Tiënschan-Ausläufern, und in seiner Fortsetzung liegt das nördliche Randgebirge von Iran. Das südliche oder das Zagrossystem ist dann das westlichste von jenen jungen Faltengebirgen, die in mächtigen Bogen, im Himalaya in fünf Parallelzonen, südwärts, südwest- und südostwärts gefaltet sind, und deren letzte starke Faltungen ungefähr gleichzeitig mit denen der Alpen sein mögen.

Im Norden der Alten Welt ziehen von der Halbinsel Kanin bis zum Behringsmeer nordeurasische Gebirgsbogen, die, nach Westen, Süden oder Osten gefaltet, polwärts offen sind. Der erste umfaßt den Ural samt Nowaja Semlja als „maritimen Ural" und den Mittelgliedern; ihr Südende bezeichnet das Hervortreten alter Gesteine zwischen dem Kaspischen See und Ural in 46° 30′ nördlicher Breite am Flusse Tschegan. Auf der anderen Seite liegen diesem System die kirgisischen Falten gegenüber; beide

miteinander schließen das Tiefland von Westsibirien ein. Quer über die Taimyrhalbinsel zieht bis zum Kap Tscheljuskin der Taimyrbogen. Einem größeren Bogen gehört das Werchojanskische Gebirge an; dieser zieht bis zum Tschuktschenkap und der S. Laurentius-Insel: Der Werchojanskische Bogen. Wer möchte sich nicht angesichts dieser Zusammenhänge mit Bewunderung für den Scharfblick des großen Simon Pallas an den skandinavisch-finnisch-spitzbergischen Granitzug erinnern, der eine Kette nordeuropäisch-arktischer Gebirge bis an das Ostende Asiens fortsetzen sollte? Der östlichste dieser Bogen ist der Bogen der Alëuten. Die Gebirge des nördlichen Korea und der östlichen Mandschurei setzen sich wahrscheinlich um den Meerbusen von Ochotsk nach Kamschatka fort und schließen so im Südwesten den großen, das nördliche Stille Meer umfassenden Ring. Auch die japanische Kette ist ein Faltengebirge aus einem Nord- und Südbogen, die durch die 200 km lange Senke der Fossa Magna Naumanns getrennt sind. Der Stille Ozean verhält sich überhaupt zu den Falten, die ihn rings umgeben, ihre Außenseite ihm zukehrend, wie ein Vorland. Zwischen Faltengebirge und Vorland liegen gewaltige Depressionen. Derselbe Typus kehrt im Indischen Ozean wieder. Tuscaroratiefe und Ganges-Industiefland entsprechen einander.

Hart an der Westküste von Südamerika entlang zieht in Feuerland westlich, dann nach Norden umbiegend ein Doppelzug von Faltengebirgen, vom 50. bis zum 18.° südl. Breite fast streng meridional, dann in einem nach Osten offenen Bogen, dessen Scheitel am Äquator liegt, zum Atlantischen Ozean hinüber: die Anden. Nach einer durch die ostwestlich und westnordwestlich gerichteten Brüche Mittelamerikas und Westindiens bewirkten Unterbrechung wiederholt der Bogen des nördlichen Südamerika sich zwischen dem 20. und 50.° nördl. Breite an der Westküste Nordamerikas als Felsengebirge, Sierra Nevada, Kaskadengebirge u. a., worauf neue Faltengebirge einen nach Südwesten offenen Bogen, dessen Ausläufer die Alëuten sind, um den nördlichen Stillen Ozean schlingen. So entsteht um die ganze östliche Grenze des Stillen Ozeans ein durchgängig aus Gebirgsfalten erhöhter Rand, in dessen Aufbau geradlinige oder flachgebogene Falten vorwalten, die gegen ihre Enden zu schärfer umbiegen oder sich zu verzweigen scheinen (s. S. 236). Es haben hier allem Anscheine nach Faltungen von Osten her gegen den Stillen Ozean stattgefunden, die wahrscheinlich schon in älteren Perioden der Erdgeschichte begonnen und bis in die jüngsten fortgesetzt wurden. Ihren Nachhall bilden in der Gegenwart mächtige Vulkanbildungen und Erdbeben.

Zu einer vollständigen Einsicht in die Gebirgssysteme und ihre Zusammenhänge oder Beziehungen würde die Kenntnis des Gebirgsbaues der Antarktis gehören, von dem wir nur einige Ecken und Kanten wissen. Vielleicht hängen die jungen Gebirgsfalten Neuseelands über Auckland und Balleny mit dem Victorialand zusammen. Neuseeland als ein Gebirge aufzufassen, das gewissermaßen den Anfang einer antarktischen Kordillere, analog der amerikanischen, schon bezeichnet, war ein Buache ganz vertrauter Gedanke. Die häufigen Spuren vulkanischer Thätigkeit in der Antarktis machen es wahrscheinlich, daß auch im Gebirgsbau Ähnlichkeit mit den Faltensystemen des Stillen Ozeans herrscht. Jedenfalls ist für den Geographen die Notwendigkeit, Einblicke in die antarktischen Gebirgssysteme zu gewinnen, ein Grund, die Erforschung der Antarktis mit allen Mitteln anzustreben.

Hebung und Senkung in Faltengebirgen.

Schon naheliegende Thatsachen im Bau der Alpen sprechen gegen die einseitige Ausschließung aller und jeder Hebung zu gunsten von seitlichen Bewegungen. Die Entstehung der Zentralmassen liegt für die herkömmliche Faltungstheorie in dem höheren Hinaufpressen der ursprünglich tief gelegenen kristallinischen Gesteine: sie sind danach aneinander gepreßte Falten kristallinischer Gesteine. Daher treten sie in stark gefalteten Gebirgen auf und fehlen in weniger gefalteten. Aber nach den Untersuchungen Salomons würden die Zentralmassive des Adamello und Sankt Gotthard auf das Empordringen des Tonalites, einer Granitvarietät, in tertiärer Zeit, zurückführen. Ein Zusammenhang mit der Bildung der Alpen im Sinne der Hebungstheorie Von Buchs wäre also hier nicht undenkbar.

Ein greifbarer Beweis für Hebung sind die sogenannten Lakkolithen, unterirdische Massen von Eruptivgesteinen, die zwischen lagernde Schichten eingedrungen sind und sie emporgewölbt haben; sie sind in den Henry Mountains Nordamerikas nachgewiesen. In Europa ist

der Versuch gemacht worden, alten Granitstöcken eine solche Entstehung zuzuschreiben, aber ohne zwingenden Grund. Dagegen können die einfachen flachen Aufwölbungen ganzer Schichtenkomplexe zu schildförmigen Wölbungen als bewiesen gelten, und manche „domförmige“ Berggestalt mag eher in dieser Weise gewölbt als gefaltet sein (s. die beigeheftete Tafel „Das Yosemitethal“). Dutton machte diese „Intumeszenz“ (Aufschwellung) für ganze Gebirge des Großen Beckens in Nordamerika verantwortlich, die er als Schwellengebirge bezeichnete. Und daß selbst auf Senkungen Hebungen folgen können, beweisen Vorkommnisse, wo aus dem Boden einer Senkung alte Schollen emportauchen, die dem Grundgebirge angehören, wie die Granitschollen, die im Ries in enger Verbindung mit den vulkanischen Auswurfsmassen vorkommen; Gümbel führt sie auf Hebung zurück. Bohrungen wiesen dort ein verbreitetes granitisches Fundament nach.

Wenn Hebungen ein Stück Land allmählich ungleich stark emporsteigen ließen, mußte eine Anschwellung entstehen: eine Hebung, wie die noch jetzt in Skandinavien vor sich gehende, kann kein anderes Ergebnis haben. Solche Anschwellungen des Bodens findet man mehrfach unter den Erhebungen Nordamerikas. Die Black Hills in Dakota sind eine solche Bildung, ebenso das Zuñiplateau in Neumexiko. Die Uintahberge rechnet man auch dazu, doch zeigen sich bei diesen schon Ansätze zu Faltungen. Dagegen sind ein Teil von Südengland und die Schwelle von Artois zu beiden Seiten der Straße von Calais Reste einer solchen Anschwellung. Eine andere Erklärung als die langsame Auftreibung durch von unten eindringende hebende Massen ist angesichts der Beispiele derartiger Bildungen, die in Hebungsgebieten vor unseren Augen entstehen, kaum denkbar. Es ist jedenfalls ein fruchtloses Bemühen, diese Anschwellungen für die Senkungstheorie dadurch retten zu wollen, daß man annimmt, das Land ringsum sei allmählich und ohne Bruch gesunken, und nur sie seien übrig geblieben. Warum dann nur sie?

Andere Bewegungen im Sinne der Hebung finden an Spalten statt, wo die eine Seite in ihrer alten Lage bleibt oder sinkt, während die andere in eine höhere rückt. Möglich, daß dabei ein Streben nach einem Gleichgewicht ins Spiel kommt, das wir noch zu betrachten haben werden. Die Senkung einzelner Gebirgsteile ist längst angenommen; daß aber ganze Gebirge sinken, ist erst in den letzten Jahren wahrscheinlich gemacht worden. Es leuchtet von vornherein ein, daß, indem die Faltung ihre Umgebungen mit emporhebt, sie weitverbreitete Störungen des Gleichgewichtes hervorruft, die auch zu einem Nachsinken führen können. In den Alpen sind neben den wiederholten Faltungen Senkungen einhergegangen, welche die Mächtigkeit einzelner Meeresablagerungen erklären, die dann in den Gebirgsaufbau mit aufgenommen wurden. Auch im Himalaya weisen ungemein mächtig abgelagerte Gesteine auf langsame große Senkungen hin. Daß die Alpen noch in der Diluvialzeit nachgesunken sind, als sie ungefähr so dastanden, wie wir sie heute kennen, ist besonders aus den Thalformen an ihrem Fuße zu schließen. Die Becken der alpinen Randseen sind in dieser Beziehung besonders merkwürdig (vgl. den Abschnitt über die „Seen“ im 2. Band). Auch die Vulkanausbrüche an dem Fuße dieser Gebirge hängen vielleicht mit solchen Bewegungen zusammen. Wenn die Alpen in der Diluvialzeit nachgesunken sind, so sind im Kaukasus in derselben Epoche die großen Vulkane unter Begleitung von Senkungserscheinungen ausgebrochen.

Für den Anteil der Brüche und Senkungen an der Gebirgsbildung gibt es fast so viele Beispiele, wie es Gebirge gibt. Hier möge nur der Vollständigkeit halber auf die zwei wichtigsten Fälle solcher Verbindung hingewiesen werden: ein durch Brüche zerstücktes Land wird von der Gebirgsfaltung ergriffen, und ein Faltengebirge verfällt der Zerklüftung durch Bruch und Senkung.

Das Yosemitethal in Kalifornien, vom Gletscher-Point aus gesehen. Rechts der Half Dome.

Welche Rolle die Abbrüche in der Gebirgsbildung spielen, werden wir im folgenden Abschnitt erfahren. Es gibt keine große Gebirgsfaltung ohne Bruch. Vom Südabhang der Alpen sind mächtige Blöcke niedergesunken, welche die Sohle des Po-Tieflandes bilden. Diese versunkenen Massen erklären uns vielleicht das auffallende Ergebnis der Pendelmessungen, daß die Schwere in der Po-Ebene größer ist als im Gebirge. Sollten hier die versunkenen Komplexe eine Zusammendrückung, die gefalteten eine Auflockerung erfahren haben? Vom Apennin steht nur der östliche Zug; kristallinische Zentralapenninen liegen im Tyrrhenischen Meer, und ihre Reste sind in den Graniten Korsikas, Sardiniens, Elbas erhalten. Auch die neuseeländischen Alpen sind nur ein kleiner Rest eines größeren alten Gebirges.

Die deutschen Mittelgebirge sind vollends nur ein Trümmerfeld; Sueß setzt sie als „das vielgestaltige Land" den jüngeren Alpen mit ihrem großen Zusammenhang gegenüber. Einst waren auch sie ein Land von einheitlichem Bau wie die Alpen. Diese Vielgestaltigkeit ist die Folge von Einbrüchen der alten Gesteine und von Ausbrüchen neuer, von Abtragung der äußeren Schichten, welche die tieferen inneren Gesteine bloßgelegt hat, und von jüngeren Bildungen aus dem Schutt der alten, die sich über die alten Gebirgsfaltungen gelegt haben. Das Erzgebirge ist eines der ältesten Faltengebirge, die wir kennen. Es wurde in der Kulmperiode gebildet und dann allmählich abgetragen und mit seinem Schutte die Mulden zwischen den drei Falten ausgefüllt, welche wir heute als Erzgebirge, Mittelgebirge und Hügelland Sachsens kennen. Die Südhälfte dieses alten Gebirges ist in den böhmischen Kessel gesunken, die Eger fließt darüber hin, wie dort der Po. Selbst im norddeutschen Tiefland liegen Falten der Hauptrichtungen der deutschen Gebirge, und vielleicht zog ein von ihnen durchkreuztes Schollengebirge durch ein Kreidefestland, dessen Reste wir in Pommern, Mecklenburg, Rügen und auf den dänischen Inseln finden.

Reste und Ruinen von Gebirgen.

Die Gebirgsbildung hat in keiner Epoche der Erdgeschichte geruht. Neue Gebirge entstanden, während alte verfielen. Daher gibt es Reste von alten Gebirgen neben neuen, und in den neuen Gebirgen steckt ein alter Kern. Die Faltung der großen Gebirge hat immer so lange gedauert, daß die fertigen Gebirgszüge an einer Stelle zerfielen, während an anderen die Bildung noch im Gange war. Man könnte von Gebirgen sprechen, die nur der Geolog nachzuweisen vermag, weil sie topographisch nicht mehr existieren. In dem Hügelwalle des sächsischen Mittelgebirges steckt der Rest eines Hochgebirges, den erst die Untersuchung des Streichens und Fallens der Schichten nachweisen konnte. Koenens überraschende Aufstellung, daß Seen und Thäler des norddeutschen Tieflandes, für die man Gletscherursprung annahm, durch Senkungen oder Verwerfungen in der Erdrinde entstanden seien, hat sich in vielen Fällen bewährt. Faltungen hercynischer und erzgebirgischer Richtung im Boden des norddeutschen Tieflandes, die sich bis zur skandinavischen Masse hinüber erstrecken, schrieb Lossen den einspringenden Winkel der Oderbucht zwischen Arkona und Kolberg zu, und das hercynische System wollte er selbst in Schonen noch im Streichen der Hügel und in der Lage der Formationen verfolgen. Über einem Kern aus alten kristallinischen Gesteinen liegen in Afrika Schiefer- und Kalksteine, die gefaltet sind, im Westen stärker als im Osten, und darüber die flachen Decken roter Sandsteine und Thone, großenteils triassisch, die das alte Gebirge begraben haben. Der Fall ist durchaus nicht selten, daß man in einem neueren Gebirge Bausteine aus den Trümmern eines älteren findet, das im übrigen spurlos verschwunden ist. Ist das Material der Flyschberge des Alpenvorlandes einem „vindelicischen Gebirge" (Fraas) entnommen, das nördlich von den Alpen lag, ehe es in Trümmer ging? Sicherlich waren auf dem Feldberg im Schwarzwald einst Schichten jurassischen Alters gelegen; die an tieferen Stellen abgelagerten Gerölle, die nur von ihnen herstammen können, und nur sie bezeugen es.

In dieser langsamen Folge der Ereignisse und in diesem langsamen Werden der Ergebnisse der Gebirgsbildung liegt neben der imponierenden Masse und Flächenbedeckung auch noch

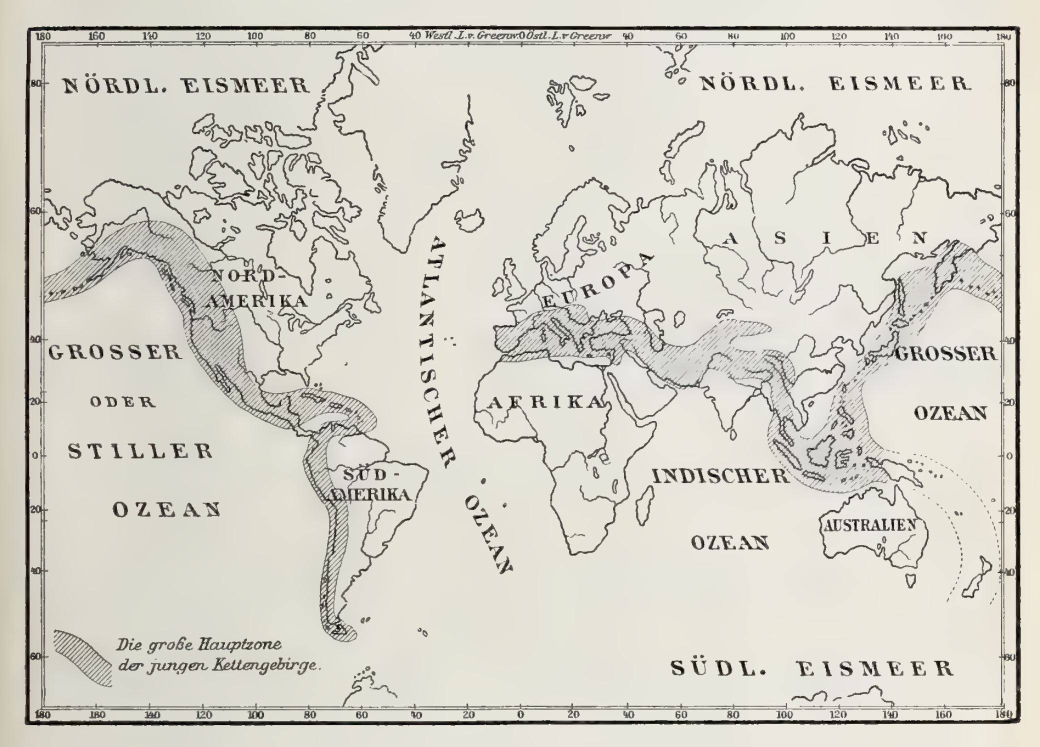
die andere große Thatsache, daß die Gebirge eine ungemein zusammengesetzte Bildung sein müssen. Je länger eine gebirgsbildende Kraft wirkt, desto enger verbinden sich mit ihr andere Kräfte, die das Gebirge schon im Werden umbilden. Der ganze Prozeß geht unter der ununterbrochenen Mitwirkung des Wassers und der Luft vor sich. Verwitterung, Abspülung, Untertauchung und Ablagerung wechseln bunt ab. Der Boden, in dem diese Bewegungen stattfinden, wird gespannt und klafft auf, wird wieder zusammengedrückt und übereinander geschoben. In den Nordalpen müssen Tafelbrüche die Kalksteinmassen zerklüftet haben, in denen dann Faltung eintrat. Dabei entstehen auch Gelegenheiten zum Eingreifen vulkanischer und Erdbebenkräfte. Aber deren Auftreten ist immer nur Folge und Begleitung jener Bewegungen, und ihre Wirkungen sind verhältnismäßig untergeordnet. Auch lösen sich diese verschiedenen Kräfte nicht ab, sondern sie wirken gleichzeitig, sich unterstützend oder einander durchkreuzend und hemmend. Das Gebirge ist ein Erzeugnis ihres Zusammenwirkens, das dasselbe Material von verschiedenen Seiten und mit verschiedenen Werkzeugen bearbeitet. Der Vergleich ist daher sehr treffend, den Mojsisovics von den Alpen gebraucht: ein äußerlich zusammenhängender Bau unter gemeinsamem Dach, aber zu verschiedenen Zeiten, von verschiedenen Meistern und in verschiedenen Stilarten aufgerichtet.

Gebirge und Festländer.

Das Verhältnis der Gebirge zu den Kontinenten, denen sie angehören, wie zu den nächstgelegenen Meeresbecken ist oft in dem Sinn eines engeren Zusammenhanges erwogen worden. Die großen Festländer sollten mächtige Falten, die Ozeane ihre Thäler und die Gebirge untergeordnete Falten auf diesen Hauptfalten sein. So schloß Dana aus den amerikanischen Verhältnissen, daß die Kontinente im allgemeinen einen hohen gebirgigen Rand und ein beckenförmiges Innere besitzen. Es liegt auf der Hand, daß Nordamerika mit den Kordilleren, den Alleghanies und dem Mississippibecken, Südamerika mit den Kordilleren, dem Hochlande von Brasilien und dem Amazonasbecken zu solcher Auffassung nicht übel passen. Aber in Europa liegt das Tiefland im Norden, in Asien liegt es überhaupt an den Rändern, während das Hochland den Kern, das Innere einnimmt. Dana hat ein anderes angeblich nachweisbares Gesetz ausgesprochen: den größten Meeren liegen die größten Gebirge gegenüber. Auch dieses gilt wieder für Amerika, wo die mächtigen Kordilleren den großen Stillen, die mittelgebirgshaften Erhebungen im Osten des Kontinentes den kleinen Atlantischen Ozean vor sich haben. Aber nur in Australien liegt das einzige Gebirge des kleinsten Erdteiles noch dem Stillen Ozean gegenüber. Der Himalaya ist dem kleinen Indischen Ozean zugekehrt, die Alpen dem kleinen Mittelmeere (s. die Karte, S. 243). Diese Danaschen Gesetze sind nicht, was sie sein wollen oder sollen, Gesetze des Erdbaues; sie sind nur aus dem Bau Amerikas abstrahierte, beschränkte Regeln. Daß wir ferner im größten Erdteil, Asien, auch die höchsten Gebirge finden, im zweitgrößten, Amerika, die nächstgrößten, daß Afrika einige Hochgipfel besitzt, die Europa nicht aufzuweisen hat, das sind ganz interessante Thatsachen, deren Wert aber wissenschaftlich nur gering ist. Denn die Zahlen der Berghöhen beziehen sich auf die vergänglichsten, für die Gesamtheit des Gebirges unwesentlichsten Teile, auf die Gipfel. Wir sehen im Archipel von Hawaï auf ganz engem Erdraum einige Gipfel aufsteigen, die nicht weit hinter dem Montblanc an Höhe zurückbleiben und, vom Meeresgrund an gemessen, mit den Himalayagipfeln wetteifern. Die Natur braucht also keine Erdteile, um große Berge hervorzubringen.

Es ist eine ganz andere Sache um den genetischen Zusammenhang zwischen Gebirgs- und Erdteilbildung. In bestimmten Gebieten traten gebirgsbildende Kräfte immer wieder neu in

Thätigkeit und erhöhten Gebirge und ihre Umgebungen als Kerne von Landbildungen über die Urmeere. Aber auch in diesem Prozeß spielt gerade nicht die Größe oder Höhe der Gebirge eine Rolle, sondern es kommt dabei mehr auf die Breite und Tiefe der Fundamente an. Das nordwestliche Schottland und ein Teil der vorgelagerten Inseln von Lewis bis Barra besteht aus Gneis der Laurentischen Formation, der in sehr auffallender Weise zusammengedrückt und gefaltet ist. Auf ihm liegen in ganz anderer Lagerung Gesteine der kambrischen Formation, Süßwasserablagerungen, bei deren Bildung die laurentischen Ablagerungen schon ihre Störungen und darauffolgende Denudation erfahren hatten. Über den wenig veränderten kambrischen Schichten folgen sehr gestörte silurische Ablagerungen, die den größten Teil der eigentlichen



Die Verbreitung der jungen Kettengebirge. Vgl. Text, S. 242.

Hochlande Schottlands bilden. So sehen wir hier also auf engem Raume wiederholte Faltungen der ältesten Gesteine Nordwesteuropas. Auch im Boden Rußlands liegen gefaltete archäische Gneise, die noch älter sind. In der Steinkohlenzeit hat eine mächtige Faltung den Boden Mitteldeutschlands und Mittelfrankreichs ergriffen und jenes ausgedehnte Gebirge geschaffen, dessen Reste die deutschen und französischen Mittelgebirge sind. Endlich mögen die noch jüngeren Falten der Alpen, des Apennin und des Atlas als eine jüngere Folge derer des Erzgebirges und Thüringer Waldes und diese als eine jüngere der im Boden des norddeutschen Tieflandes verborgenen und der noch älteren nordwesteuropäischen erscheinen, die alle wie Wellen hintereinander von Norden nach Süden fortschreiten und in dieser Aufeinanderfolge die Grundmauern des heutigen Europa aufbauen. Hier liegt also allerdings eine in ungeheuer frühe Zeiten zurückreichende Vorbereitung eines Erdteiles durch Gebirgsbildungen vor.

Spalten und Brüche.

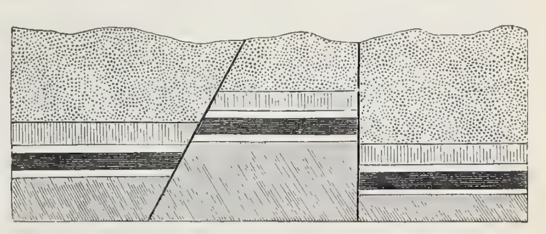
Gesteine zerreißen, zerklüften auf Zug und Druck, so wie sie unter anderen Umständen sich strecken oder biegen. Die dadurch entstehenden Spalten sind oft über weite Räume zu verfolgen, sie durchsetzen oder begleiten ganze Gebirge, können aber in vielen Fällen nur erkannt werden, wenn das Gestein auf beiden Seiten sich verschoben hat, wenn ein glänzender „Spiegel“ oder „Harnisch“ durch den schleifenden Druck der Verschiebung entstanden ist, oder wenn ein dünner lettiger Besteg oder ein weißer Streifen von Gangquarz sich in die Spalten gedrängt hat. Erzgänge sind nichts anderes als ausgefüllte Spalten. Genaue Karten der Erzlagerstätten des Harzes geben daher zugleich eine Übersicht der hauptsächlichen Richtungen, in denen Spalten das Gebirge durchsetzt haben. Man erkennt ihre Abhängigkeit von den gebirgsbildenden Kräften: das nordwestliche oder hercynische Streichen der Erzgänge, besonders im Oberharz, stimmt ganz mit der allgemeinen Gestalt des Gebirges und mit der Anordnung seiner Granitkuppen überein, die ihm die Brüche verliehen haben, durch die aus einem Gliede des rheinischen Gebirgssystems eine nordwestlich gerichtete Scholle geworden ist. Auch bei der Erforschung der Höhlen hat man in dem scheinbar regellosen Gewirre die einander kreuzenden Richtungen der Spalten nachweisen können, an denen die höhlenbildende Erosion angesetzt hat. Es gibt kleine Spalten von geringer Ausdehnung, es gibt aber auch solche von mehr als 1000 km Länge, und diese sind oft gebogen, während die kleineren gerade verlaufen.

Bei der einfachen Bruchspalte bleibt es nicht. Der Bruch hat den Zusammenhang einer Schicht oder einer Schichtengruppe zerrissen; zwischen dem, was vorher ein Ganzes war, gähnt eine Kluft. An dieser Kluft sinkt nun das eine Bruchstück, während das andere stehen bleibt; oder beide senken sich, aber das eine tiefer als das andere; oder das eine Bruchstück wird gehoben, während das andere liegen bleibt. Die Folge ist immer, daß die beiden Stücke in verschiedene Höhen kommen, die um Tausende von Metern auseinander liegen können. Man nennt das eine Verwerfung (s. die Abbildung, S. 245). Da Brüche sehr oft nicht einzeln, sondern gruppenweise auftreten, geschehen auch die Verwerfungen gruppenweise. Eine Anzahl von Bruchstücken versinkt auf parallelen Spalten nebeneinander, und da dies fast immer in verschiedenem Maße geschieht, so ist die Folge davon ein Staffelbruch. An anderen Stellen versinkt ein annähernd rundes Stück Erde, indem sich bogenförmige Spalten bilden, die ineinander greifend sich fast zur Kreisform schließen können. Die kreisförmige Anordnung der Inseln, Untiefen und Einbuchtungen um die Celebessee und die Bandasee läßt ebensowenig Zweifel, wie die Lage der Kleinen Antillen auf einem reinen Kreisbogen, daß hier der Meeresboden an einem Bogenbruch abgesunken ist. Spalten und Falten kommen nicht selten in demselben Gestein und in derselben Richtung vor. Man verfolgt eine große Verwerfung, die kleiner und kleiner wird, bis sie in eine Falte übergeht. Dabei hat offenbar die Biegung in einem Teile über die Biegsamkeit des Gesteins hinausgeführt, und Spaltung und Bruch traten hier ein, während an anderen Stellen die Faltung sich vollenden konnte.

Solche Brüche und Senkungen lassen Lücken in der Erdoberfläche, die man Senkungsfelder nennt, wo größere, nach Länge und Breite beträchtlich ausgedehnte Bodenteile versinken; ein solches Senkungsfeld ist das Po-Thal. Bei kleineren Senkungen dieser Art spricht man von einem Kesselbruch. Viele Dolinen in den Karstgebieten sind Einbruchskessel von oft tadellos runden Umrissen. Auch manche Seen stehen in Einbrüchen, wie z. B. die jetzt ausgetrockneten Mansfelder Seen. Das Ries in Franken ist ein besonders schönes Beispiel einer rundlichen

Senke, in der ein herausgebrochenes Stück Jura in die Tiefe gegangen ist. Betraf die Senkung eine längere Strecke, so entstand ein Graben. Das obere Rheinthal ist ein solcher Graben.

Eine ausgezeichnete Bildung dieser Art ist das Natronthal, ein von Ostsüdosten nach Westnordwesten gerichteter 100 km langer Grabenbruch westlich vom unteren Nil, der von mehreren Parallelbrüchen begleitet wird; in der Mitte liegt seine Sohle 23 m unter dem Meer. Elf größere und acht kleinere Seen liegen in dieser Vertiefung. Wir werden sogleich noch größere Gebiete dieser Art kennen lernen, die für die Physiognomie halber Erdteile bestimmend geworden sind. Vgl. S. 247. — Außer dem großen 300 km langen und 30 km breiten Graben, in dem der Oberrhein von Basel bis Mainz fließt, dem Werk einer Reihe von parallelen, meridional gerichteten Brüchen und Verwerfungen tertiären Alters, gibt es auf deutschem Boden noch manches kleinere Thal von gleicher Entstehung. Die Saale fließt bei Kissingen, die Leine bei Göttingen in einer Grabenversenkung. Der Graben des Leinethales zwischen Friedland und Salzderhelden ist 40 km lang. Eine Platte von Triasgesteinen, deren Oberfläche oberer Muschelkalk bildet, ist zerrissen, und in breiter Spalte liegen Stücke von Lias, Keuper und Muschelkalk, zu oberst sogar Tertiärschichten in der Versenkung. Die Fragmente der Platte sind in allen möglichen Richtungen zerklüftet und geneigt, und von dem regelmäßigen Stufenfall im oberen Rheinthal ist hier keine Rede. Eine großartige Versenkung ist das 10 km breite Helmethal zwischen Kyffhäuser und Harz, die sogenannte Goldene Aue. Am Südwestrande des Thüringer Waldes bei Meiningen sind die Triasschichten in einem ³/₄ km breiten Graben 130 m tief eingesunken. Vgl. die geologische Karte von Deutschland, S. 594.


Bruch und Verwerfung. Vgl. Text, S. 244.

Nicht weniger als in den Faltungsgebieten herrscht Gleichrichtung auch in den Senkungs- und Bruchgebieten. Meridionale Richtungen findet man in den Grabengebieten Ostafrikas in den großen und kleinen Senken und Sprüngen, in den Thalrissen; selbst der Krater des Rudolfsees ist meridional zerklüftet. Es ist die Grundrichtung vom Nyassa bis zum Toten Meer und dann wieder in einer Menge von kleinen Einzelsenken. Sie kehrt aber im ganzen Indischen Ozean wieder, wo das Rote Meer, der Persische Meerbusen, die Ostküste von Indien und Hinterindien in entsprechenden Richtungen ziehen. Selbst noch in dem seltsamen Umrisse von Celebes kreuzt sich diese Richtung mit einer westöstlichen, derselben, die in Südindien die Lücke von Palghat gebrochen hat, eine Straße für Monsun und Verkehr. Wenn man so die meridionalen Gräben und Ränder des indo-afrikanischen Gebietes betrachtet und damit den Oberrheingraben vergleicht, möchte man überhaupt die Meridionalrichtung als die bevorzugte Richtung der Gräben auffassen; aber gerade auf dem Gebiete Mitteleuropas sind die Nordwest- und Nordostrichtungen auch in den Senken häufig. Sie beherrschen in dem schwäbisch-fränkischen Senkungsfelde, das für einen großen Teil von Süddeutschland gestaltgebend ist, sowohl die Staffelbrüche als die kesselförmigen Versenkungen, deren größte, das Ries, die merkwürdigste Leistung dieser Bruch- und Senkungsarbeit, in derselben Linie wie das ähnliche Senkungsbecken des Hegau liegt. Ähnlich wie bei den Richtungslinien der Vulkane reihen sich die Brüche oft staffelförmig unter Festhaltung der Hauptrichtung, und aus dem Zusammentreffen solcher kleineren Brüche entstehen wohl Formen, die den Eindruck der Gabelung der Hauptrichtung machen, wie die Buchten von Akaba und Sues, in die der große Graben des Roten Meeres ausläuft. In ein ganzes Strahlenbündel von kleineren Brüchen löst sich dann die Jordanspalte im Libanon und Antilibanon auf.

Nicht selten findet man auch in den Brüchen sekundäre Linien geringeren Widerstandes rechtwinkelig auf den Hauptlinien. Wir beobachten es am deutlichsten bei der Verbreitung der

Vulkane (s. oben, S. 158), doch zeigt es sich auch in den Brüchen, die als Gänge mit vulkanischen Gesteinen ausgefüllt sind. Dieses Aufeinandertreffen kommt sehr oft in rechtwinkeligen Flußbiegungen zum Vorschein, die in Island so häufig sind und in Deutschland nicht fehlen.

Es gibt einzelne Verwerfungen, die nur der Bergbau oder ein Thaleinschnitt erschlossen hat; an der Erdoberfläche sind sie niemals sichtbar gewesen. In Steinkohlenmulden sieht man sie nach unten zunehmen. Dagegen bestimmen andere die Gestaltung großer Gebiete. Besonders wenn Verwerfungen harte und weiche Gesteine unmittelbar nebeneinander legen, werden sie zu deutlichen geographischen Grenzen, die höhere und niedrigere, schroffere und weichere Bodenformen trennen, so wenn die schottischen Hochlande in Perthshire mit harten Konglomeraten an den weichen Sandstein des Niederlandes treten.

An vielen Steilküsten des Mittelmeeres sind Schichten senkrecht abgesunken, die auf dem Meeresboden ruhen, oder deren Trümmer als Inseln hervorragen. Tritt Meer in die Senken ein, dann finden wir die Bruchstücke eines Gebirges als Inseln, vielleicht in langer Kette, jedes Massiv eine Insel bildend, oder als Halbinseln. Die dalmatinischen Kütteninseln sind Bruchstücke dinarischer Alpenketten, die den Parallelismus dieses Gliedes der alpinen Gruppe noch deutlich aufweisen. Ebenso sind die Inseln im Baikalsee, vor allem Olchon, stehengebliebene Schollen in dem Graben des tiefen Seebettes; desselben Ursprunges ist daselbst die über 1000 m hohe Halbinsel Swjatoi Noß, die durch einen schmalen Isthmus mit dem Festlande zusammenhängt. Jaila Dagh, das südliche Randgebirge der Taurischen Halbinsel, liegt genau in der Fortsetzung des Eminehbalkans, und beide Gebirge sind durch einen Gürtel geringerer Tiefe im Schwarzen Meere verbunden.

Diese Senkungen darf man sich nicht einfach als ein Indietiefegehen eines Streifens Erde, also eine zentripetale Bewegung, vorstellen. Auch bei der Entstehung großer Grabenbrüche ist eine seitlich wirkende Zugkraft vorauszusetzen, auf deren Richtung rechtwinkelig die Zerklüftung eintrat. Es wäre also auch hier eine tangentiale Kraft wirksam, wie bei der Gebirgsfaltung, träfe aber auf keine plastische Masse; daher Riß statt Faltung. Falten- und Verwerfungsgebirge sind überhaupt nicht scharf zu trennen, am wenigsten dort, wo die Schichten des flachen Abfalls eines Verwerfungsgebirges gefaltet und überschoben sind.

Die großen Brüche, die quer das mittlere Hondo (Nippon) gerade dort durchsetzen, wo die beiden Bogen des japanischen Gebirges zusammentreffen, will allerdings Naumann auf Bewegungserscheinungen der gerade auf diese Stelle treffenden vulkanischen Schitschito-Gruppe (s. oben, S. 152) zurückführen und weist divergente Druckrichtungen einfach ab; aber mechanisch kann man sich diese Wirkungsweise schwer vorstellen. Für die verhältnismäßig hohe Lage der Schollenländer des südwestlichen Nordamerika nehmen amerikanische Geologen eine Hebung vor dem Zerbersten und Niedersinken an, dem das Große Becken zwischen dem Felsengebirge und der Sierra Nevada Kaliforniens sein Dasein verdankt. So ist auch die Aufwölbung des alten Schwarzwald-Vogesen-Massivs über die heutige Höhe wahrscheinlich dem Zerbersten und Einsinken des mittleren Teiles vorangegangen. Ein vollkommen dunkles Gebiet sind die Aufwulstungen. „Beim Aufreißen wurden die Ränder oder Lippen der Spalten gleichsam wulstförmig emporgetrieben.“ (Brückner.) Das klingt ganz gut, wenn man es aber überlegt, ist es mechanisch unmöglich. Woher soll der Druck für die Aufwulstung kommen? Solche Formen können nur aus entgegengesetzt wirkenden, ziehenden und hebenden Kräften entstanden sein.

Es gehört noch zum Verständnis der Brüche, daß sie so oft auf Faltungen gefolgt sind, oder daß Faltung und Bruch in Nachbargebieten zusammengehen; so zerbarst das deutsche Mittelgebirge zu derselben Zeit, als die Alpen gefaltet wurden.

Von der Erde, die sich zusammenzieht und einbricht, bleiben an anderen Stellen Reste im alten Niveau stehen, die man nach Sueß als **Horste** bezeichnet. Man unterscheidet **Tafelhorste**,

wenn der Einsturz in geschichteten Gesteinen stattfand, und Faltenhorste, wenn er in einem Faltengebirge erfolgte. Wir haben z. B. in den Westalpen ein Faltengebirge, in dem die Senkungsfelder eine große Rolle spielen. Eine Einsenkung geschieht nicht einfach und restlos. Es bleiben in der Senke und an ihren Rändern Reste als kleinere Horste übrig, die zwischen den großen Parallelhorsten der beiden Seiten liegen. Solche Reste begleiten den Schwarzwald und die Vogesen auf ihren dem Rheine zugekehrten Seiten. Und aus dem Boden der Riesversenkung ragen die kristallinischen Gesteine eines unbekannten Untergrundes hervor.

Die Bruchgebiete sind weiter verbreitet als die Faltungsgebiete, denn es gibt weite Gebiete, wo lange Einbrüche die Formen der Erde bestimmen, und außerdem sind Brüche auch in den Faltungsgebieten häufig. Die Merkmale von Bruch und Senkung sind in den Umrissen der Länder die schroffen Gegensätze der Höhen und Tiefen, die geradlinigen oder flachgebogenen steilen Küsten, die kesselförmigen Buchten, die unvermittelten Unterbrechungen des Zusammenhanges der Schichtenbauten und sogar der Gebirgsfalten. Ausgesprochene Bruchgebiete sind vor allem in unmittelbarer Nähe großer Faltengebiete die drei Mittelmeere. Das Alpensystem ist in seiner ganzen Ausdehnung von Bruchgebieten umgeben. Dazu gehören auch die alten Faltengebirgsländer Mittel- und Nordeuropas, der Pyrenäenhalbinsel, Westasiens, Ostasiens, wo die Westseite der japanischen Inseln besonders schön die gebuchtete Gestalt der Einbruchsküste zeigt. Das ganze mittel- und norddeutsche Gebirgs- und Tiefland ist ein Bruchgebiet, in dem die nordwestliche, wahrscheinlich ältere Richtung die nordnordöstliche ablöst; jene läßt sich im herzynischen Gebirgssystem von der Donau bis zur Ems verfolgen. Afrika hat die größten Beispiele für die Wirkung der Brüche aufzuweisen. Die Sahara ist aus Ablagerungen gebaut, die im Westen den ältesten, im Osten den jüngsten Formationen angehören. Keine Faltungen, nur Brüche. Die Gebirgsländer auf der einen und die Oasen auf der anderen Seite sind gleicherweise Einbruchsbildungen. Auch in diesem Gebiet erkennt man gesetzlich wiederkehrende Gleichrichtungen der Spalten und Brüche, die an den Parallelismus der Vulkanspalten (vgl. oben, S. 157 u. f.) erinnern.

In keinem anderen Teile der Erde beherrschen die Einbrüche und Versenkungen in solchem Maße die Bodengestalt wie in Afrika. Faltengebirge und Massengebirge treten zurück, Gräben und Horste, von Plateaurändern überragt, kommen in den Vordergrund. Ein Schwarm von kleinen und großen Einbrüchen, meist schmal, aber zum Teil von großer Länge, durchsetzt den Boden Afrikas von der Gegend der Sambesimündung im Süden über die Grenzen Afrikas hinaus bis zu den Gebirgsfalten des Libanon im Norden. Das Schirethal und der Nyassasee liegen zwischen den Steilabfällen eines Grabens, dessen Fortsetzung fast unter demselben Meridian wir südlich vom Manyarasee wiederfinden, von wo der eigentliche Ostafrikanische Graben, in dem Manyara-, Naiwascha-, Baringo- und Rudolfsee liegen, bis zum Roten Meere zu verfolgen ist. Vom Nordende des Nyassa zweigt ein kleiner Graben zum Tanganyika ab und zieht sich als die Senke dieses Sees und des Albert- und Albert Edward-Sees bis zum Oberen Nil. Diesen westlichen Parallelgraben nennt man den Zentralafrikanischen Graben. Zwischen beiden liegt der kurze Wemberegraben. Kleinere Gräben treten den Hauptgräben parallel zur Seite; der Stefaniesee liegt in einem solchen Seitengraben, in anderen fließen Flüsse wie der Kerio. Die mächtige Fortsetzung des großen Ostafrikanischen Grabens finden wir aber dann im Roten Meer und in der Verlängerung der Bucht von Akaba über das Tote Meer bis zum Libanon. So zieht hier eine Kette von Senken durch 40 Parallelgrade hindurch. Dabei ist im zentralen Ostafrika der Graben so regelmäßig gerichtet, daß nicht weniger als fünf seiner Seebecken vom 36.° östl. Länge geschnitten werden. Seine Breite ist am Leikipiaplateau auf 30 km eingeengt. Nicht überall ist der Graben gleich tief. Im Roten Meere kommen Tiefen von 2300 m vor, im Tanganyika von 300 m. Der Naiwaschasee liegt in 1860, der Rudolfsee in 470 m Höhe. An einigen Stellen haben wir vollständige Versenkungen, an anderen eine Kluft mit einseitiger Steilwand. Letzteres tritt im südlichen Teile des Ostafrikanischen Grabens ein. Im nördlichen Teile liegen in der Senke Schollenreste, die nicht so tief gesunken sind. Sueß nennt dieses ganze Gebiet

treffend eine „lang fortlaufende Zone der Zerteilung der Erde in längliche Schollen und Trümmer". Gegen das Nordende zu ist am Toten Meere die Ostseite steil, die Westseite treppenförmig abgebrochen. Im allgemeinen ist die Bildung wohl jung, denn sie durchsetzt an einigen Stellen junge vulkanische Ablagerungen; aber eine gleichzeitige Entstehung ist nicht anzunehmen. Auch dieser Erscheinung gegenüber ist die Frage eine der wichtigsten: wo hat sie ihren Ausgang genommen? Und wie ist sie über die Länge von 5000 km hingewandert? Nur vermuten läßt sich heute, daß die Bildung von Süden nach Norden gewandert sei, weil der Zentralafrikanische Graben und besonders der vom Tanganyika ausgefüllte Teil älter zu sein scheint als die nördlichen bis nach Syrien übergreifenden Teile.

Die Erkennung der Ursachen der Gebirgsbildung.

Da man erst spät den inneren Aufbau der Gebirge erkannt hat und noch später die unmerklichen Bewegungen, aus denen dieser Aufbau hervorgeht, sind die Erklärungen der Gebirgsbildung anfangs nichts als willkürliche Ansichten gewesen, eine Art wissenschaftlicher Fabelei im Gewande ernster Gedanken. Es gab eine Zeit, wo man die Gebirgsbildung mit Vorliebe dem Wasser zuschrieb, dessen Beweglichkeit und Bewegungskraft einem solchen Werke gewachsen zu sein schien. So führte Buffon die Gebirge auf Niederschläge aus seinem Urmeere zurück, dessen Bewegungen „die einzige Ursache von den Ungleichheiten der Erdkugel" sind. Diese Ansicht war die herrschende, bis die junge Wissenschaft der Geologie einen tieferen Blick in die Natur der Gebirge gewann. Pallas machte den großen Fortschritt, den einseitigen Theorien der Gebirgsbildung eine Vereinigung der vulkanischen Erhebung mit den Fluten der Meere und mit dem Einbruch gegenüberzustellen. Der Anerkennung dieser dritten Kraft hat er überhaupt den Weg in die Wissenschaft gebahnt. Leider ist sie bald wieder in Vergessenheit geraten. Aber derselbe weitblickende Forscher vollendete mit seiner Fülle von Beobachtungen die Sonderung der Gebirge in ursprüngliche (Granit-) Gebirge, Kalkgebirge und Sand- und Mergelgebirge und ließ in jedem alten Gebirge diese drei Gattungen vom Kerne nach außen aufeinander folgen.

Vor dem geistigen Auge der Hutton, Playfair, Beaumont, A. von Humboldt, L. von Buch stand, alles überragend, der von seiner Unterlage steil sich ablösende Vulkan, durch zahlreiche Ausbruchskanäle wie durch Saugwurzeln mit dem feurig-flüssigen Erdkern zusammenhängend, der durch diese Verbindung eine Auszeichnung vor seiner Umgebung erhält und durch dieselbe der Mittelpunkt leicht sich ergebender und rascher Veränderungen wird. Dieses Bild wurde auf die Gebirge übertragen. Die größten Geologen einer nur um ein paar Jahrzehnte hinter uns liegenden Zeit sahen darin einen großen Fortschritt. Da man die Vulkanberge nicht als aufgeschüttete, sondern als gehobene Kegel ansah, war die Frage vollberechtigt: warum sollte der Vulkanismus nicht ganze Gebirge hervorgebracht haben? „Die Vulkanizität", so lautet die klassische Antwort, „das ist die Reaktion des Inneren eines Planeten auf seine äußere Rinde und Oberfläche, ist lange Zeit nur als ein isoliertes Phänomen in der zerstörenden Wirkung ihrer finsteren unterirdischen Gewalten betrachtet worden; erst in der neueren Zeit hat man angefangen, zum größten Vorteil einer auf physikalische Analogien gegründeten Geologie, die vulkanischen Kräfte als neue Gebirgsarten bildend oder als ältere Gebirgsarten umwandelnd zu betrachten." (A. von Humboldt.)

Den vulkanischen Erscheinungen in diesem erweiterten Sinne wurde also vor allem eine viel größere Verbreitung zugeschrieben. A. von Humboldt stellt den heutigen Zustand Europas, wo „kaum vier Öffnungen übrig sind, durch welche Feuer- und Gesteinausbrüche geschehen", in Gegensatz zu der „intensiveren Thätigkeit des Erdenlebens in dem chaotischen Zustande der

Urwelt unter ganz anderen Bedingungen des Druckes und einer erhöhten Temperatur, sowohl der ganzen Erdrinde als des mit Dämpfen überfüllten und weit ausgedehnteren Luftkreises". Er betrachtet jenen nur als einen schwachen Abglanz der früheren Vorgänge auf dieser „vielgespaltenen, dünneren, auf und abwärts wogenden Erdrinde". Für A. von Humboldt war der Altersunterschied der Hebungsrichtungen so klar, daß er sicher war, bei zwei sich durchkreuzenden Richtungen die obere als die ältere auffassen zu können: Küenlün hat kreuzend den älteren Bolor über sich gehoben. Der fruchtbare Gedanke eines allmählichen Wachstums der Gebirge war unter diesen Umständen überhaupt ausgeschlossen. So wie man nun in den Vulkanbergen die Wirkungen von Kräften sah, die von unten herauf stoßen und heben, so erklärte man auch alle Gebirge durch Hebung. Wenn der Vulkanismus nicht in allen zu Tage trat, so setzte man ihn doch als die in der Tiefe wirkende Kraft voraus. Nicht langsam, sondern ruckweise ging die Hebung vor sich. Und zwar hielt sie in den einzelnen Zeitabschnitten der Erdgeschichte bestimmte Richtungen ein.

Mitten im Triumph der Vulkanisten verschlossen sich eindringende Beobachter nicht der Erkenntnis, daß in der Gebirgsbildung auch andere Kräfte Spielraum haben müßten als nur radial wirkende Hebungskräfte. Schon 1834 ist für den Jura die Entstehung durch seitlichen faltenden Druck, und zwar von den Alpen her, von Bernhard Studer gelehrt worden. Das so regelmäßig gebaute Juragebirge hat also auch in dieser Frage wie in derjenigen der Thalbildung durch die große Einfachheit seiner Verhältnisse auf naheliegende, richtige Erklärungen geführt. Aber auch für den deduktiven Denker mußte die Erdrinde als Kugelschale von verschiedener Dichte und von Klüften durchsetzt, die den Zusammenhang der Massen lockern, seitlichen Bewegungen unterworfen sein. So sah selbst Elie de Beaumont beim Zusammenschrumpfen der erkaltenden Erde seitlichen Druck in den Falten wirksam, die den Gebirgen zu Grunde liegen; klar hat er sich aber den Vorgang der Faltung nicht gemacht.

Der einseitigen Hebungstheorie gegenüber leugnet eine neuere Schule nicht nur den vulkanischen Charakter der Gebirgsbildung, sondern weist überhaupt die Hebung als gebirgsbildende Kraft zurück. Ihr zufolge gibt es nur Einsturz und seitlichen Druck, der faltet und zusammenschiebt. Vulkane und Erdbeben sind dabei nur Begleiterscheinungen und hängen mit der Gebirgsbildung nur an der tiefsten Wurzel zusammen, dort nämlich, wo die sich abkühlende Erde durch Zusammenziehung gleichsam einschrumpft und dadurch Einsturz, Faltung, Erdbeben, Herauspressung feurig-flüssiger Gesteine alles zusammen bewirkt. Diese Lehre ist ein Schoß aus vulkanischer Wurzel: L. von Buch ließ aus dem Erdfeuer nur Hebung hervorgehen und vernachlässigte den Wärmeverlust; Sueß berücksichtigt diesen, kennt aber nur die Senkung. Man kann heute schon sagen, daß auch diese Erklärung an ihrer Einseitigkeit zu Grunde gehen wird, vielleicht noch rascher als die vulkanische.

Es war für die Geologie ein Gedanke von verlockender Einfachheit und Größe, daß, indem sie die Bildung der Faltengebirge auf Runzelung durch Wärmeverlust zurückführte, sie ja nur Wärme in den Raum umgesetzt sein läßt, den orographische Formen erfüllen. Aber die Thatsachen sind nicht so einfach. Vor allem folgen nicht aufgewölbte Falten notwendig aus der Zusammenziehung. Die Kohlenbecken liefern Beispiele von Schichten, die durch seitlichen Druck in die Tiefe gedrückt worden sind, also von negativer Faltenbildung. Und die merkwürdige Beschränkung der Faltenbildung, die wir kennen gelernt haben, erklärt uns das erkaltende Erdinnere nicht. Warum runzelte sich nur West- und Mitteleuropa, während die russische Platte unbewegt lag? Warum häuften sich die Gebirgsfaltungen in der Karbon- und Tertiärzeit?

Einem allgemeinen Nachsinken der Erdoberfläche mußte das Meer folgen. Aber die Erklärung der Veränderungen des Meeresspiegels ist Sueß nicht geglückt. Die Landhebungen, die man zurückwies, sind da, und die Veränderungen des Meeresspiegels, die man verlangte, fehlen. Keinen sehr großen Wert legen wir auf den Einwurf, daß ein gewaltiger Seitendruck die vulkanischen Spalten schließen mußte, da wir ja ohnehin die vulkanischen Spalten für nicht so wirklich und wesentlich ansehen wie manche Theoretiker des Vulkanismus (s. S. 183). Es dünkt uns wichtiger, daß der Vulkanismus überhaupt nicht die Annahme einer allgemeinen Abkühlung des Erdkörpers begünstigt.

Für den Geographen ist die Erde kein Körper, der unterschiedslos ausstrahlt. Die Abkühlung der Erde muß örtlich verschieden wirken. Vor allem muß die Bedeckung des Bodens mit Eis oder mit Wasser von wenig über 0° für die Erde einen großen Wärmeverlust bedeuten. Die Temperatur der Oberfläche eines eisbedeckten Landes steigt nicht über 0°, und die Temperatur am Meeresboden liegt nur unbeträchtlich höher. In beiden Fällen ist die Erde bis tief hinein kälter als dort, wo die Erde nur Boden des Luftmeeres ist. Eine solche Abkühlung bedeutet Zusammenziehung und Niedersinken. Denken wir uns die Vorgänge bei der letzten großen Vereisung der Nordhalbkugel am Ende der Tertiärzeit. Das Land lag am Ende der Tertiärzeit höher als jetzt, es sank, während es mit Eis bedeckt wurde, und hob sich wieder nach dem Verschwinden der Eisdecke. Das Zusammengehen des Eisrückganges und der Landhebung ist besonders klar in Nordamerika, wo die Hebung vom alten Eisrande südwärts abnimmt. Die alten Strandlinien liegen bei Montreal in 150 m, bei New Haven in 15 m; der Unterschied der geographischen Breite ist 5°. Gerade durch diese Zone zog die schwankende diluviale Eisgrenze. Immer wird die Senkung zur Zeit der Eisbedeckung und die Hebung beim Eisrückgang, beide Vorgänge sich wiederholend in Nordeuropa und Nordamerika und vielleicht auch in Südamerika, den Gedanken nahelegen, die Hebung sei durch das Freiwerden von der Eislast bedingt gewesen. Da es nun wahrscheinlich ist, daß auch die Interglazialzeiten Hebungen erlebt haben, liegt hier eine Aufgabe von der größten Tragweite, zu deren Lösung auch die Senkungen in den Gebieten der großen Gesteinsanhäufungen durch riffbauende Korallen heranzuziehen sein werden.

Die Erkaltung muß ferner am Meeresboden rascher fortschreiten als am trocknen Lande, da unter dem Meeresboden eine niedrigere Temperatur herrscht, die Zusammenziehung und Verdichtung bewirkt. Die größere Dichte unter dem Meeresboden ist nun nachgewiesen; für die Zusammenziehung könnten die Senkungen unter Faltung und vulkanischen Ausbrüchen an den Rändern der Meeresbecken sprechen. Doch müßten unter dieser Annahme die Meeresbecken fortschreitend tiefer werden und ebenso auch die Einbrüche und Faltungen an ihren Rändern immer zunehmen. Da wissen wir nun, daß die Meere nicht bloß einmal eingesenkte Becken, sondern oft und an vielen Stellen von Einsenkungen heimgesuchte Gebiete sind, in denen allerdings Hebungen und zwar sehr oft wieder eingetreten sind. Wenn also auch die Abkühlung in dem angegebenen Sinne wirkt, so wirkt sie doch nicht geradlinig fort, sondern mit Unterbrechungen. Aus demselben Grunde kann auch der Zusammenbruch der Gebirge nicht einfach durch Erkaltung herbeigeführt worden sein, denn Faltungen folgten ja an denselben Stellen wieder.

Örtliche Erwärmungen müssen neben den örtlichen Abkühlungen vor sich gehen. Große Gesteinsmassen, sei es Schutt oder Lava, die sich an einer Stelle anhäufen, müssen durch Aufnahme der Erdwärme sich erwärmen, sich ausdehnen. Darauf gründete Mellard Reade seine Theorie der „Gebirgsbildung infolge Belastung mit Sediment und kumulativer wiederkehrender

Ausdehnung". Reyers Versuch, die Gebirgsfaltung in einem durch Wärme sich ausdehnenden Schichtenbau durch die Annahme eines Gleitens des ganzen Komplexes auf geneigter Unterlage verständlicher zu machen, schafft auch nicht alle Schwierigkeiten aus dem Wege. Wir halten diese Theorie nicht für ausreichend, um die Gebirgsbildung zu erklären, erkennen aber die Notwendigkeit ihres Grundgedankens an, besonders angesichts der Mächtigkeit von 4—5000 m, die manchen Schichtenkomplexen zukommt, die bald nach der Ablagerung stark gefaltet worden sind.

Die Zusammenziehung eines erkaltenden Erdinnern liefert weder die Menge der Kraft, die zur Bildung langer Faltengebirge nötig ist, noch wird sie gerade auf diese Art von Gebirgen hinführen. Die Entstehung von langen, schmalen Falten kann nicht durch eine Zusammenziehung bewirkt werden, die nur Kräfte ohne bestimmte Richtung zur Folge hat. Besonders erklärt aber die Zusammenziehung nicht das Auftreten von Gebirgsfaltungen in großem Maß in bestimmten Zeitepochen, wie z. B. in der Karbonzeit und Tertiärzeit. Für die Erklärung gerade dieser erdgeschichtlichen Thatsache des Zusammendrängens der Faltenbildung in gewisse Zeiträume vermöchte die Theorie der Isostasie eine bessere Erklärung zu geben, wenn nicht andere Einwürfe ihr entgegenstünden. Denn, um ein Land ansteigen zu machen, muß die Abtragung einen langen Zeitraum hindurch gewirkt haben, und um ein Land sinken zu machen, muß ebenso die Niederschlagsbildung einen langen Zeitraum hindurch gewirkt haben.

Wir haben die Ungleichheit des Gewichtes der Erdoberfläche kennen gelernt. Notwendig muß sie zu Ausgleichungen Anlaß geben oder, in der Kunstsprache: „Die Isostasie muß wiederhergestellt werden." Daß ein Stück Erde in die Tiefe geht, hängt zuerst von Kräften ab, die außer ihm wirksam sind, aber sein Gewicht und die Dichte der Masse, die unter ihm liegt, darf man nicht außer Rechnung lassen. Das Streben nach Gleichgewicht ruft an leichteren Stellen Aufwölbung, an schwereren Einsenkung hervor. Wo Änderungen der Gewichtsverteilung eintreten, bewirken sie entsprechende Änderungen an benachbarten Stellen. Die schweren Stellen unter dem Meeresboden, die leichten unter den Gebirgsmassen scheinen in diesem Sinn isostatisch bedingt zu sein. Dutton nimmt an, daß mit einer fortgesetzten Sedimentbildung ein Sinken, mit einer fortgesetzten Abtragung eine Erhebung verbunden sei; oder kurz: abgetragenes Land steigt, mit Ablagerungen bedecktes sinkt. Dabei hält er es für wahrscheinlich, daß der durch Sediment belastete Meeresboden gegen das durch Abtragung erleichterte Land drücke und hier Faltungen erzeuge, so wie, in Duttons Spuren gehend, Willis und Hayes die Entstehung der Alleghanies in der Weise erklären, daß ein großes Festland im Osten die Sedimente geliefert habe, die an der Küste abgelagert durch Seitendruck die Faltung des Gebirges bewirkten. Es ist übertrieben, wenn dieses Prinzip so verstanden wird, daß Land und Meer sich in hydrostatischem Gleichgewicht befänden, und zwar so genau z. B. zwischen dem Golf von Mexiko und dem südlichen Alleghanygebiete, daß jeder Transport von Sediment von einer Stelle zur anderen oder jede Veränderung der Belastung eine quantitativ entsprechende Verschiebung bedingt. Ist es doch vor allem unzulässig, als ein einziges Gewicht den Golf von Mexiko anzunehmen, in dem selbst Gewichtsunterschiede vorhanden sind, die jene Differenzen ausgleichen könnten. Außerdem zeigt uns die Vergleichung großer Schichtenkomplexe, daß einzelne gefaltet wurden, während andere, die sogar mächtiger sind, ungefaltet blieben. Die Faltung ist also nicht die notwendige Folge einer starken Belastung.

An der Isostasie ist wahr, wiewohl durchaus nicht neu, daß Bewegungen der Erdoberfläche durch ungleichmäßige Belastung infolge von Niederschlägen, Gebirgsfaltungen, vulkanischen

Aufhäufungen eintreten müssen. Schon A. von Humboldt hat angenommen, daß bei Senkungen an einer Stelle das Gleichgewicht durch Hebungen an einer anderen hergestellt werden müsse. Daß gerade in solchen Faltengebirgen wie Jura und Alleghanies gewaltige Sedimentmassen sehr einseitig aufgehäuft sind, wußte man schon früher, und es ist sogar die Faltung dieser Gebirge als eine Folge der Aufschüttung ihrer Gesteinsmassen aufgefaßt worden. In mächtigen Überschwemmungen und dadurch bewirkten Verschiebungen großer Schuttmassen hat Medlicott die Ursache des bengalischen Erdbebens von 1885 gesucht. Prestwich hat dem Druck der vulkanischen Auswurfsmasse auf ihre Unterlage das Eindringen des Wassers in die Sockel vulkanischer Berge zugeschrieben. Und eine örtliche Überlastung durch Zusammenschiebung der Gesteinsmassen in Faltengebirgen sieht Albert Heim im Einsinken der Alpen und ihrer Randzonen. Ähnlich meinte man ein Einsinken des durch Sedimentmassen schwer belasteten Fußes des Himalaya wahrzunehmen. Beim Niedersinken einer kontinentalen Tafel, die wir uns immer als ein Gewölbestück zu denken haben, müssen Zusammendrängungen an den Rändern des sinkenden Stückes stattfinden, wenn nicht das ganze Gewölbe eine stärkere Biegung erfährt. Es ist nicht ausgeschlossen, daß man noch weitere Möglichkeiten der Bodenbewegungen unter Faltung, Hebung und Senkung entdecken wird. Jedenfalls wird die Auffassung der Gebirgsbildung durch Faltung immer weniger einfach, je näher man an die Folgebewegungen der Faltung herantritt.

Wenn Belastung niederdrückt, muß Entlastung das Emporsteigen tieferer Massen bewirken. Es gibt Angaben aus Steinbrüchen und Bergwerken über die Ausdehnung und Aufwölbung von Gesteinsschichten, von denen der Druck überlagernder Massen weggenommen ward. Hebung denudierter Strecken will Middlemiß im Himalaya beobachtet haben. Und Diener schildert, wie in den Dolomiten, wo unter den gewaltigen Blöcken des Schlerndolomits nachgiebige Mergel und Tuffe triassischen Alters lagern, diese Gesteine sich wie eine plastische Masse benehmen. Dolomitblöcke gleiten auf dieser Unterlage zu Thal, die ihrerseits in ihren Lücken emporgepreßt wird; die Blöcke selbst zerklüften beim Weichen ihrer Unterlage, und geschlossene Massen lösen sich in Bastionen und Pfeiler auf. Diener hält es auch für möglich, daß, wo in einem Gebirgsbau das Deckgestein abgetragen wird, die untenliegenden Gesteine sich erleichtert aufbiegen. Sollten sich ähnliche Beobachtungen vervielfältigen, so würden den in der Tiefe gefesselten Kräften, die sich erst bei Erleichterung der darüber ruhenden Massen zu regen beginnen, wohl überhaupt größere Leistungen in der Umgestaltung der Erdoberfläche zuzumessen sein.

Gegenüber so manchen Thatsachen, die dafür sprechen, daß die Erdrinde auf Druck und Entlastung reagiert, stehen nun freilich auch einige, die davon nichts erkennen lassen. Die Erdgeschichte verzeichnet Fälle, wo nach großer Belastung Hebung eintrat. Die schottischen Hochlande, als Gebirge gebildet am Schluß der silurischen Zeit und aus tiefer Versenkung wieder gehoben, nachdem einige tausend Meter devonischer Sandsteine darauf abgelagert worden waren, beweisen, daß nicht notwendig auf Ablagerung Senkung folgt. Und einige der größten Senkungsgebiete, wie die drei Mittelmeere, zeigen keine Ablagerung, die besonders ihre letzten großen Senkungen erklärte. Endlich haben wir Fälle, wo Hebungen mit Senkungen in verhältnismäßig kurzer Zeit wechseln. Solche berichtet uns die Geschichte der Nord- und Ostsee noch in nachglazialer Zeit. Für diese Bewegungen fehlt eine entsprechende Gleichgewichtsstörung ebenfalls. Man wird also heute nicht weiter gehen dürfen als bis zu der Annahme, daß Belastungen und Entlastungen der Erdoberfläche wohl im stande sein können, Bewegungen in der Erdrinde auszulösen, daß sie aber keineswegs eine notwendige Voraussetzung derselben sind.

Die Faltung der Erdrinde ist eine allgemeine Erscheinung an der Erdoberfläche. Weder Zonen noch Meere noch Eis begrenzen sie, noch entzieht sich ihr irgend ein Gestein. Kein Fleck der Erde dürfte dauernd von diesen Bewegungen verschont geblieben sein, wenn auch auf altgefaltetem Boden in Millionen Jahren dauernder Ruhe jede Faltungsspur verwischt ist. In keinem Zeitalter hat diese Bewegung vollständig geruht. Die einst weitverbreitete Auffassung, alle großen Gebirge seien in der Tertiärzeit entstanden, ist längst verlassen; Ural, Küenlün und Nanschan sind Beispiele uralter Gebirge. Es ist möglich, daß die Faltung an einer Erdstelle nur für eine beschränkte Zeit nachgewiesen werden kann, so wie Heim von dem Finsteraarhorn-Massiv annimmt, es habe bis gegen Mitte der Tertiärzeit „nur kontinentale Vertikalschwankungen“ erfahren. Aber wenn sie an einer Stelle pausiert hatte, ging die Faltung an einer anderen weiter. Sie ist in einem und demselben Gebirge von einem Ende zum anderen gewandert, z. B. in den Alpen von der östlichen zur westlichen Seite, sie ist vielleicht in größeren Gebieten mit ungeheuer langen Unterbrechungen gewandert (s. S. 243). So weit unsere Erkenntnis reicht, wachsen Falten ebenso langsam wie Hebungen und Senkungen; auch sie verdienen den Namen säkularer Bewegungen. Man möchte glauben, daß es bei Brüchen und Senkungen anders sei, und die Vermutung ist nicht abzuweisen, daß tektonische Erdbeben (s. S. 203) die Folge von Spalten sind, die sich mit einem Rucke bilden oder erweitern. Ein Beweis, daß Verwerfungen an Bruchspalten sich ungemein langsam bilden, liegt aber in Durchbruchsthälern, die Verwerfungen quer durchsetzen. Ihr Fluß hatte offenbar Zeit, sie einzusägen, während die Verwerfung sich mit unmerklicher Langsamkeit entwickelte.

Ähnlich, wie wir im Vulkanismus große Perioden der Thätigkeit und des Ermattens haben wechseln sehen, ist es auch in der Gebirgsbildung. Die Zeit der älteren Steinkohlenformation ist für einen großen Teil der Erde eine Zeit der Gebirgsbildung gewesen. Damals wurden Gebirge in ganz Europa gefaltet, auch dort, wo heute Flachland darüber gebreitet ist; es falteten sich aber auch Teile von Amerika und von Australien in derselben Zeit, z. B. dort die Alleghanies, hier die Gebirge des Südostens. Vielleicht reichen die jüngsten Falten des afrikanischen Bodens noch in diese Zeit herein. Auch dürften mit der mitteleuropäischen Faltung gleichzeitig Faltungen Tibets sein. Älter, vielleicht mit den kaledonischen vergleichbar, sind Faltungen im Küenlün, deren Zeitgenossen wir in Nordwesteuropa, Nordamerika und wahrscheinlich in Afrika vermuten dürfen. Endlich führen alle die hohen Faltengebirge der Gegenwart auf einen Höhestand der gebirgsbildenden Kräfte in der jüngeren Tertiärzeit zurück.

Wer die Gebirgsbildung erklären will, muß auch die große Tendenz auf regelmäßig wiederkehrende Richtungen der Gebirge erklären. Er wird finden, daß in der Richtung der Gebirgsbildung und verwandter Vorgänge zwei Grundthatsachen zu unterscheiden sind: die Wiederkehr gleicher Winkel dieser Richtungen zu einander, zu den Polen, zum Äquator oder anderen Grundlinien, und der Parallelismus der Richtungslinien untereinander. Was diese letztere Erscheinung anbetrifft, so kann sie nach dem Prinzip der Wellenringe mechanisch gedeutet werden (s. oben, S. 285). Größere Schwierigkeiten bietet die andere. Wir haben in den Senken Indoafrikas und in den Falten der Südhälfte Südamerikas die meridionale Richtung wiederkehren sehen. Große Gebiete der Festländer und inselreicher Meere fanden wir geradezu beherrscht von den einander oft genau rechtwinkelig durchsetzenden Nordost- und Nordwestrichtungen. Den Parallelkreisen entsprechende Richtungen kommen besonders in den Mittelmeeren und in Innerasien zum Ausdruck. Über die Ursachen dieser großen Regelmäßigkeiten sind wir noch nicht im stande, Bestimmtes zu sagen. Nahe liegt es, an den Zusammenhang mit großen

Linien der Wirkung der Sonne auf die Erde, also mit klimatischen Grenzen, zu denken. Nordenskiöld hat den kühnen Versuch gemacht, für diese Annahme einen wissenschaftlichen Boden zu finden.

Die Einwirkung der Lufttemperatur und der unmittelbaren Bestrahlung auf die oberflächlichen Schichten der Erde, die sich im gemäßigten Klima bis zu 30 m Tiefe fortpflanzen muß, bedeutet Ausdehnung und Zusammenziehung, die zu seitlichen Verschiebungen in allen Fällen führen muß, wo die Ausdehnung nicht nach allen Seiten sich gleichmäßig fortpflanzen kann. Nordenskiöld ist geneigt, darauf wenigstens jene Faltungen zurückzuführen, die nur oberflächliche Schichten ergriffen haben. Er erinnert an eine schon 1861 und 1864 von ihm gemachte Beobachtung in Spitzbergen, wo tertiäre Schichten in der Kings-Bucht sich als stark gefaltet erwiesen, während in der Hinlopenstraße Kreidegesteine in Wechsellagerung mit plutonischen fast horizontal lagen. Besonders glaubte er aber seine Ansicht durch die Ergebnisse von Brunnenbohrungen in kristallinischen Gesteinen an den Küsten Schwedens bestätigt zu sehen, wo überall in 30—35 m Wasser gefunden wurde, das nur soweit eingedrungen wäre, als der Boden aufgelockert wurde.

Sicherlich empfiehlt es sich, die obersten Erdschichten bis zu 30—40 m Tiefe, die in gemäßigtem Klima noch von der einstrahlenden Sonnenwärme bewegt werden, als eine besonders bewegliche Hülle dem übrigen Erdkern gegenüberzustellen. Darin liegt ein gesunder Gedanke. Aber bei der Gebirgsbildung haben wir es mit viel tieferen Wirkungen zu thun, denen oberflächliche Einflüsse nicht gerecht werden. Wenn man in einzelnen Gebieten, z. B. im europäischen Rußland, einen Wechsel von Senkungen und Brüchen und entsprechenden Ausbreitungen des Meeres in latitudinarer und meridionaler Richtung beobachtet haben wollte, so war es doch gewiß voreilig, dabei sogleich an einen unmittelbaren Einfluß des Klimas zu denken.

Wenn wir darauf hinzuweisen hatten, daß die Abkühlungstheorie zu viel Gewicht auf das unbekannte Erdinnere legt, kann als der gemeinsame Mangel der thermischen und isostatischen Theorien die zu geringe Berücksichtigung des Inneren bezeichnet werden; beide bleiben buchstäblich zu sehr an der Oberfläche der Erscheinungen und Kräfte haften. Daher ihre nur örtliche Anwendbarkeit. Die Theorie der Zusammenziehung durch Ausstrahlung der inneren Erdwärme ist so allgemein, daß sie die Fühlung mit der Thatsache verliert, die sie erklären will; die anderen Theorien sind so speziell, daß sie für die Erklärung des Ganzen der Gebirgsbildung versagen.

Was wir heute klar sehen, können wir in die Sätze zusammenfassen: notwendig ist zwar der Wärmeverlust der Erde, aber nirgends tritt uns in der Gebirgsbildung Wärme unmittelbar wirksam entgegen. Wir nehmen die Schrumpfung als Veranlassung der Gebirgsfaltung nicht an, weil sie uns etwa als Folge des Wärmeverlustes feststünde, sondern weil sie die brauchbarste Erklärung der Faltung ist. Wir nehmen jedoch an, daß die Erdwärme in der nachgewiesenen Plastizität der Gesteine mit großem Druck zusammenwirke, und daß diese Plastizität der Übergang zu einem tieferliegenden flüssigen Zustand sei. Wo die Plastizität der Gesteine anfängt, geht die tektonische Ursache schon in eine vulkanische über. Die Verbindung zwischen Plastizität und Flüssigkeit wird sichtbar in dem Zusammenhange des Vulkanismus und der Gebirgsbildung. Dieser Zusammenhang ist nicht bloß örtlich, sondern es gibt auch Symptome tieferer Verwandtschaft zwischen beiden. Beide treten zu bestimmten Zeiten auf und erlöschen dann wieder für lange. Beide schreiten in kleinen Schritten von einer Erdstelle zur anderen fort. Beide können nicht mit einer großen dauerhaften Kraftquelle in unmittelbarem Zusammenhange stehen. Verglichen mit den anderen Innenbewegungen der Erdrinde, nimmt die Faltung eine mittlere Stelle zwischen dem Vulkanismus und den einfachen Zerreißungen mit Bruch und Senkung ein. Jener arbeitet mit einem feuerflüssigen, diese mit einem spröden Stoffe; die Gebirgsfaltung aber mit einem nach unten zu plastisch werdenden.

Man wird annehmen müssen, daß die Gebirgsbildung ihren Sitz in Teilen der Erdrinde habe, die plastischer sind als die Erdoberfläche, und die zwar stark erwärmt, aber nicht in Glut und Fluß übergegangen sind wie die vulkanischen Gesteine. Spricht nicht für die geringe Tiefe der Faltung schon das verhältnismäßig kleine Ausmaß ihrer Leistungen an der Erdoberfläche? Eine Ursache, die nicht weiter im horizontalen Sinne wirken konnte als z. B. die Bildung des Himalaya zu bewirken, würde auch nicht aus großer Tiefe heraufzuwirken vermocht haben. Wir nehmen an, daß die Gebirgsfaltung und Gebirgshebung von der plastischen, tieferen und wärmeren Masse eines Gesteines in dessen starre Oberflächenmasse hineinwirkte und diese gewissermaßen mitzog. Die Verbindung mit Hebung und Senkung macht den Eindruck, als ob eine plastische Masse unter der Erdrinde langsam von einer Stelle zur anderen flösse, um an dieser sich aufzustauen, während dort eine Lücke blieb. Aber die Schweremessungen melden einstweilen davon nichts.

Immerhin mahnen uns die Vorgänge der Gebirgsbildung, das Verhältnis der Erdrinde zum Erdinneren schärfer ins Auge zu fassen. Wir sprechen Worte wie Erdkruste, Erstarrungshülle aus, ohne uns Rechenschaft zu geben von der Schwierigkeit, gerade das Verhältnis der als Rinde gedachten Oberflächenschicht der Erde zum Inneren der Erde vorzustellen. Wir haben eigentlich kein Recht zu solchen Ausdrücken. Auch „feste Hülle des Planeten", wie Von Richthofen in seinem Führer für Forschungsreisende sagt, geht zu weit. Hülle wovon? Und warum feste Hülle? Wissen wir, daß das Innere flüssig ist? Man kann gegen die Anwendung der Gesetze der unter unseren Augen vor sich gehenden Veränderungen der Erdoberfläche auf die Veränderungen der Vorzeit den Einwurf hören, es hätten auf der Erstarrungskruste Verhältnisse gewaltet, die heute nur ausnahmsweise auftreten. Wo ist die Erstarrungskruste, auf die man sich hier beruft? Eine Erstarrungskruste der Erde gehört nicht in unseren Erfahrungsbereich. Wohl liegt der äußerste Teil der Erdrinde über den tieferen Teilen als ein mannigfaltig gearteter und gebaüter; das erkennen wir an den zahlreichen Veränderungen, welche die von innen heraus wirkenden Kräfte erfahren, ehe sie zur Erdoberfläche durchdringen: aus einer Bewegung werden viele, aus einer einheitlichen werden mannigfaltige, wie wenn ein Lichtstrahl beim Durchgange durch ein Medium gebrochen wird. Aber darüber hinaus wissen wir nichts. Wir vermeiden daher absichtlich die beliebten Worte Erdkruste, Krustenbewegungen und dergleichen und ziehen das Wort Erdrinde vor, das einen mehr organischen Charakter hat, weniger bestimmt einen Zustand vorauszusetzen scheint, den wir zu wenig kennen, um ihn behaupten zu dürfen.

Von dem aussetzenden, unregelmäßig pulsierenden Charakter aller Wirkungen des Erdinneren nach außen muß die Forschung nach deren Ursache ausgehen. Es liegt keine Kraft den Strandverschiebungen, den Gebirgsbildungen, den Erdbeben und Vulkanausbrüchen zu Grunde, die stetig fortwirkt. Sie braucht Unterbrechungen, in denen sie sich sammelt. Sie steigt und fällt. Die beste Vorstellung von dieser ihrer Natur gibt uns ein erloschener Vulkan, dessen Inneres die Erosionen oder eine Berstung bloßgelegt haben. Man sieht den Anfang, den Höhepunkt und das Ende. Es sind Prozesse, die sogar dem Wachstum insofern verglichen werden können, als sie irgend einen Vorrat von Kraft aufbrauchen, nach dessen Verwendung sie einfach aufhören. Es braucht dann eine Zeit, bis wieder ein ähnlicher Vorrat aufgesammelt ist, und nun spielt sich derselbe Prozeß von neuem ab.

III. Land und Wasser, Festländer und Inseln.

1. Erdteile und Meere.

Inhalt: Landflächen und Wasserflächen. — Das Übergewicht der zusammenhängenden Wasserfläche. — Land- und Wasserhalbkugel. — Die Entwickelung der Ansichten über das Verhältnis von Land und Meer. — Das Weltmeer und die Meere. — Die beiden Polarmeere. — Mittelmeere und Randmeere. — Erdteil und Festland. — Nordländer und Südländer. — Arktis und Antarktis. — Ein geschichtliches Element in der Unterscheidung der Erdteile. — Ahnungen von Gesetzmäßigkeiten in den großen Umrissen der Länder und Meere. — Die Ähnlichkeiten in den großen Zügen der Erdoberfläche. — Parallelrichtungen in Festländern und Inselreihen. — Die Halbinseln. — Landenge. — Landboden und Meeresboden. — Die Entstehung der Festländer. — Festlandtrümmer. — Die angebliche „Permanenz" der Festlandkerne und Meeresbecken.

Landflächen und Wasserflächen.

Die bekannten Landmassen sind auf 135 Mill. qkm zu schätzen, die bekannten Meeresflächen auf 353 Mill. qkm. Das wäre das Verhältnis von 28 : 72. Das Land als 1 gesetzt, wäre das Wasser gleich 2,6. Nun sind aber in der arktischen Region gegen 5 Mill. qkm und in der antarktischen 16 Mill. qkm unbekannt. Es ist durchaus unzulässig, diese unbekannten Räume nur als Land oder nur als Wasser in die Rechnung zu stellen. Es entspricht vielmehr der wissenschaftlichen Wahrscheinlichkeit die Annahme, daß sie sowohl Wasser als Land umschließen. Es ist wahrscheinlich, daß in der Antarktis mehr als die Hälfe des Unbekannten Land, in der Arktis mehr als die Hälfte Wasser ist. Es ist also zulässig, die unbekannten Nord- und Südgebiete als halb Wasser, halb Land zu rechnen. Damit erhalten wir als das für uns wahrscheinlichste Verhältnis 71,7 Wasser zu 28,3 Land = 2,54 : 1. Also rund dritthalbmal mehr Meer als Land. Das ist allerdings nur das Verhältnis der Länder zu den Meeren. Das Verhältnis des Landes zum Wasser ist etwas anderes, denn manche Gebiete, die hier als festes Land gerechnet werden, sind in Wirklichkeit dauernd mit Eis bedeckt, stehen also unter festem Wasser, wie Grönland und alle jenseit der Firngrenze gelegenen Abschnitte der Hochgebirge; oder sie sind mit flüssigem Wasser bedeckt, wie Seen, Flüsse, Sümpfe, Moore. Wenn man alle diese mit Süßwasser in fester oder flüssiger Form bedeckten Teile der Erde in die Schätzung aufnimmt, so sind sogar reichlich drei Vierteile der Erdoberfläche Wasser.

Seen, Flüsse, Sümpfe, Gletscher und Firnfelder bedecken mindestens 10 Mill. qkm des bekannten Landes mit ihren Wasserflächen. Dazu kommt nun noch jene die Erdoberfläche durchtränkende Feuchtigkeit, die nicht berechnet werden kann, die man aber nicht unbeachtet lassen darf. Nur eine ganz genaue Quellenkarte wäre wohl als eine Darstellung zu bezeichnen, die dem Thatbestande nahekäme. Wir

dürfen diese in Millionen Adern und Tümpel zersplitterte Feuchtigkeit durchaus nicht aus dem Auge lassen, wo es sich um das Verhältnis des Festen zum Flüssigen auf der Erdoberfläche handelt. Geringes Gewicht ist darauf zu legen, daß, wenn wir diese 10 Mill. qkm denjenigen der bekannten Meere zufügen, das Verhältnis 7:3 dem von 8:3 näherkommt, das auch jene erhalten, denen alle unbekannten Polarregionen Meer sind. Größeres Gewicht ist dem Grundsatze beizumessen, daß mit dem Verhältnis zwischen Ländern und Meeren noch nicht dasjenige zwischen Land und Wasser abgethan ist. Unsere Karten geben übrigens schon darum ein falsches Bild der Verteilung des Wassers über die Erde, weil die Weltkarten in der Regel das große Südmeer nicht zeichnen, da es in der nördlichen Hälfte land- und inselarm, also für den Kartographen leer, und in der südlichen unbekannt ist. Auf Karten in Mercatorprojektion gibt man an und für sich nicht gern die den Polen zunächst liegenden Teile wieder wegen der gewaltigen Verzerrung, die sie erleiden müßten. Man schneidet mit 80—85° im Norden, aber mit 60° im Süden ab. Ein solches beschnittenes Kartenblatt zeichnet eine viel landreichere Erde, als wir sie auf dem Globus finden. Man muß den Globus betrachten, wenn man sich über die wahre Verteilung des Flüssigen auf der Erde unterrichten will.

Dazu kommt, daß wir genaue Küstenkarten nur in geringer Zahl haben. Die exakte Bestimmung der Grenze zwischen Land und Meer ist für weite Gebiete der Erde ebendeshalb nicht möglich. Bei einem Erdteile wie Afrika können wir nur innerhalb einer Fehlergrenze von einigen zehntausend Quadratkilometern die wahre Ausdehnung bestimmen. Damit ist natürlicherweise auch die genaue Angabe der Größe der Meeresfläche unmöglich gemacht. Außerdem ist auch diese wichtige und in manchen Beziehungen größte aller Grenzen vielen Schwankungen, den sogenannten Küstenschwankungen (s. oben, S. 213), unterworfen. Unsere Karten zeichnen aber auch die Länder nicht in ihrem natürlichen Wasserreichtum. Sie zeichnen nicht die unterirdischen Wasserläufe und selten die Quellen, und nur die genauesten topographischen Blätter weisen auch die kleinsten Äderchen der Flußnetze auf. Keine Karte bringt den Schnee, der als festes Wasser einen Teil des Jahres die Erde bedeckt, und selbst genaue Karten vernachlässigen die Firnflecke und kleinsten Gletscher. Die Feuchtigkeit der Luft in fester, flüssiger und Dampfform ist aber überhaupt kartographisch nicht darstellbar. Hier ist also einer von den Punkten, wo die Karte nicht ausreicht, um das wahre Erdbild zu zeichnen.

In anderer Richtung ändert sich durch das Gefrieren der Eismeere und die Bildung zusammenhängender Eisanhäufungen in Sunden und Buchten die Ausdehnung der Wasserflächen. Für Wanderungen der Tiere und Menschen sind diese Eisdecken der Polarmeere fest wie Land, und die kontinentale Natur des arktischen Klimas wird durch die Massen des zwischen den arktischen Inseln gestauten Eises mit bedingt. Immerhin bleibt ein gewaltiges Übergewicht des feuchten Elementes bestehen, und die Geographie hat immer damit zu rechnen, daß so viele Erscheinungen des trockenen Landes, die sie erforscht, auf einen so kleinen Teil des Erdballes eingeschränkt und von soviel Wasser umgeben sind.

Das Übergewicht der zusammenhängenden Wasserfläche.

Daß wir in runder Summe sieben Zehntel der Erdoberfläche dem Meere zuzuteilen haben, so daß für alle Festländer fast nur ein Viertel übrigbleibt, gehört zu den großen, ja zu den folgenreichsten Thatsachen der Geographie. Die alten Phöniker nannten das große, scheinbar grenzenlose Meer, in das sie hinaussegelten, wenn sie die enge Straße zwischen den Säulen des Herkules vom Mittelmeere her durchfahren hatten, Og, d. h. Allumfasser, woraus Karl Ritter Okeanos, Ozean ableitet. Wenn vielleicht diese Herleitung das Schicksal vieler anderer teilt, nicht ganz sicher zu sein, so ist doch das eine gewiß, daß unsere Anschauung der Erde, unser Bild der Erde heute noch gerade so ein meerumflossenes ist wie zur Zeit der Phöniker und Griechen. Nur ist nicht unsere ganze Erde eine im Meere schwimmende Scheibe, sondern drei große Landmassen und unzählige Inseln entsteigen als gewölbte Hervorragungen dem überall sie umflutenden Ozean. Wie bei großen Überschwemmungen vorher verbundene Landteile einander

entgegenragen, ohne sich zu finden, so hat der Meeresüberfluß sich in die Sunde und Meerengen zwischen Halbinseln ergossen, die den alten Zusammenhang deutlichst erkennen lassen: das Kap Tarifa und die Punta Leone, das Prinz von Wales-Vorgebirge und das Ostkap oder Kap Deschneff sind derartige Überschwemmungsformen. Auch bei Inselgruppen und Inselketten hat man den Eindruck, Resten eines älteren Landzusammenhanges gegenüberzustehen.

Der überwiegenden Menge des Wassers verdankt die Erde die allverbreitete Feuchtigkeit. Die trockenste Wüstenluft enthält Wasserdampf, und die entferntesten Oasen haben Grundwasser unter dürrem Wüstenboden. Auch dieses Grundwasser war in der Luft, ehe es in den Boden kam. Mit einem fast dreifachen Übergewicht der Wasserfläche hat unsere Erde eigentlich ein ozeanisches Klima. Von dem Meere her tragen die Winde den Wasserdampf in die Länder, und sie vermögen soviel zu bringen, weil das Meer überall so nahe ist. In der Nähe des Meeres sind Seen und Flüsse größer und ist die Luftfeuchtigkeit reichlicher als im Inneren der Länder. Je offener und breiter die Verbindung mit dem Meere ist, desto meerverwandter ist nach Klima und Bewässerung das Land. Die Größe der zusammenhängenden Wassermassen des Meeres kommt auch in der Größe und den Massenwirkungen der die Erde umzirkelnden Strömungen und den gewaltigen Beträgen der Verdunstung des Meeres und der Niederschläge zum Ausdruck.

Das Übergewicht des Wassers an der Erdoberfläche erscheint in seiner ganzen Größe in der erdgeschichtlichen Perspektive. Wenn die mittlere Tiefe des Meeres fünfmal so groß als die mittlere Erhebung der Landmassen über den Meeresspiegel ist, und wenn das Volumen des Meeres fast das Dreizehnfache desjenigen der über den Meeresspiegel hervorragenden Länder beträgt, so liegt es nahe, die Depressionen, in welchen das Meer steht, als die wirklich wichtigen Züge, die „really important features“ (Whitney) in der Physiognomie der Erde anzusehen und in der Bildung oder Umbildung eines Meeresbeckens eine viel größere Sache zu erblicken als in der Entwickelung oder dem Zerfall eines Erdteiles. Die festen Teile der Erdoberfläche sind nur zerstreute, kleine Hervorragungen der festen Erde, deren Hauptmasse tiefer zu finden ist. Es liegt sehr nahe, zu glauben, daß bei so großem Übergewicht des Flüssigen über das aus dem Flüssigen hervorragende Feste das Flüssige eine vorherrschende Stellung in allen Bewegungen eingenommen habe, die das Verhältnis der beiden zu einander zu ändern strebten. Verhältnismäßig leichte Verschiebungen schon mußten große Strecken des Landes ins Meer tauchen oder sich emporheben lassen, während das Wasser durch diese Verschiebungen in demselben Maße weniger verändert wurde, als seine Masse größer war. Würde alles Land, das jetzt über den Meeresspiegel hervorragt, unter denselben sinken, so würde das Meer nur um ein Dreizehntel seines jetzigen Volumens zunehmen. Es sind also nur Schwankungen von verhältnismäßig geringem Betrage nötig, um große Strecken Landes unter Wasser zu setzen, während umgekehrt die Meeresbecken nur durch ungleich viel mächtigere Veränderungen wesentlich umgestaltet werden könnten. Die Erdteile sind nicht bloß Inseln dem Worte nach, sondern in der That liegen sie, wenn man ihre Masse, ihr Gewicht, ihren Widerstand erwägt, nur wie schwache Eilande im ruhelosen Meere, denn das Massenübergewicht des Meeres über das Land bedingt viel einschneidendere Größen- und Gestaltveränderungen des letzteren bei Niveauschwankungen, als sie bei dem ersteren möglich sind. Sänke das Meer um 1000 m, so würde das Areal des Landes um 30 Prozent zunehmen, erhöbe es sich um denselben Betrag, so würde dieses selbe Areal um 80 Prozent abnehmen. Oder, um einen bestimmten Fall zu nennen: als der Meeresboden nur um 45 m höher lag, wurden die großen südostasiatischen Inseln landfest, aber eine Erhebung des Meeresbodens um 200 m ließ die Festlandränder über die Javasee bis zur

Makassarstraße sich ausdehnen, Palawan und Formosa an das Festland anschließen. Es treten also Perioden geringerer Landgröße auf der Erdoberfläche und damit ausgedehnterer Meeresverbreitung leichter ein als das Gegenteil. Ein Meer könnte noch seichter als die Meere von heute sein, und würde doch leicht die ganze Erde mit einer ununterbrochenen Wasserhülle zudecken.

Land- und Wasserhalbkugel.

Die Verteilung von Land und Wasser auf der Erde ist im höchsten Grade ungleichmäßig (s. die Kärtchen S. 260 und 261). Das Land ist nördlich vom Äquator fast ebenso angehäuft wie das Wasser südlich davon, und die östliche Halbkugel ist landreicher als die westliche. Nördlich vom Äquator ist das Verhältnis zwischen Land und Meer wie 1:1,47, südlich vom Äquator wie 1:5,94. Auf der südlichen Halbkugel ist $2^5/_7$ mehr Wasserfläche als auf der nördlichen, und es läßt sich die Erdkugel zwischen Nordosten und Südwesten so halbieren, daß auf der südöstlichen Halbkugel nur ungefähr ein Achtel, auf der nordöstlichen der ganze Rest der Länder zu liegen kommt, weshalb man mit Recht die nordöstliche als die Landhalbkugel der südwestlichen als der Wasserhalbkugel gegenübergestellt hat. Diesen Gegensatz nennt Karl Ritter den größten und wichtigsten, den wir nächst dem klimatischen des Nordens und Südens auf der Erde kennen. Auf der südwestlichen oder Wasserhalbkugel liegt nur ein einziger Erdteil, der kleinste, Australien, nahe dem Mittelpunkte, der in die Gegend von Neuseeland fällt, ferner die Inseln Indonesiens bis zur Hälfte Sumatras, ein kleines Endchen der Südostspitze Asiens, die Hälfte von Hainan und kleine Teile von Ostchina und Südjapan, von Südamerika etwa das südliche Dritteil und endlich die problematischen Südpolarländer. Weit zerstreut und räumlich unbeträchtlich, verschwinden diese Länder fast in dem Übermaße des Wassers.

Die Landhalbkugel bietet ein nahezu entgegengesetztes Bild. Ein fast eingeschlossenes Meer um den Nordpol, umgeben von einem breiten Bande, in das Europa, Afrika, Nordamerika und die Arktis ganz, von Südamerika der nördlich von 19° südl. Breite liegende Teil, Asien mit Ausnahme kleiner Teile von Südostasien fallen, und an das nur Teile der Ozeane sich anschließen. Im Zenith jener Halbkugel liegt ein Punkt südöstlich von Neuseeland, im Zenith dieser ein Punkt in $47^1/_4$° nördl. Breite und $2^1/_2$° westl. Länge bei Le Croisic vor der atlantischen Küste Frankreichs. Die Landhalbkugel, das ist die Erdhälfte mit möglichst viel Land, steht der Wasserhalbkugel als der Erdhälfte mit möglichst viel Wasser gegenüber: 48 Prozent Land gegen $6^1/_2$ Prozent Land. Wasser und Land verhalten sich auf der Landhalbkugel wie 13:12, auf der Wasserhalbkugel wie 14,4:1, wenn man die unbekannten Polargebiete außer Betracht läßt.

Groß und zahlreich sind die Folgen dieses Unterschiedes für die Lage, Gestalt und Größe der Länder, Meere und Inseln. Einem Übergewichte des Nordens in allem, was dem Lande gehört, steht ein Vorsprung des Südens in allem gegenüber, was im Meere ist oder vom Meere ausgeht. Erinnern wir uns nur an den Stillen Ozean, der gegen den Südpol sich mit einer Breite von der Hälfte der Erdkugel öffnet, um gegen den Nordpol sich so abzuschließen, daß der Beringstraße nur eine Öffnung von 90 km und 50 m mittlerer Tiefe bleibt.

Wir werden den Folgen dieses Verhältnisses in der Wärmeverteilung im Meer und der Luft begegnen. Wir werden auch eine Pflanzen- und Tierwelt von großer Ähnlichkeit durch Nordeuropa, Nordasien, Nordamerika wie in einem Gürtel um das Eismeer verbreitet finden, die paläarktische Flora und Fauna der Biogeographen, die im Gegensatze steht zu der ausgesprochenen Eigenart der südafrikanischen, australischen, südamerikanischen Lebewelt. Wir werden sehen, wie auf den geschlossenen Landmassen des Nordens auch die Menschen sich weiter und einander

ähnlicher um das Eismeer verbreitet haben. Von Lappland bis Grönland wohnt eine Rasse; Südafrika, Australien, Amerika dagegen bieten drei der größten Gegensätze, welche die Erde in Bezug auf Rassen kennt. Bis in das kulturliche und das heutige politische Übergewicht der landreicheren Nordhalbkugel setzt sich die Wirkung der Land- und Wasserverteilung fort.

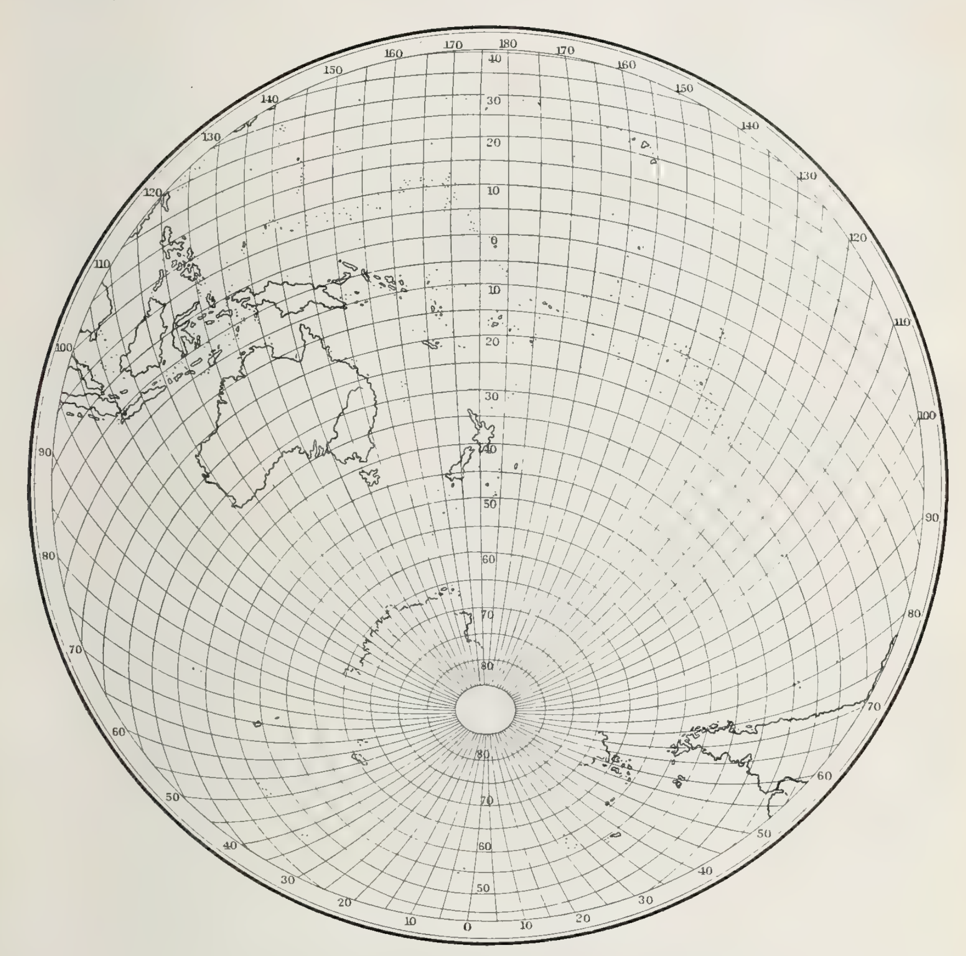


Die Landhalbkugel. Nach Hermann Beythien. Vgl. Text, S. 259.

Nach Tillos Berechnung ist das Verhältnis zwischen Land und Wasser in den Zehngradgürteln folgendes:

Nördl. Breite	Land	Meer	Südl. Breite	Land	Meer
80—70	32,7	67,3	0—10	22,8	77,2
70—60	71,5	28,3	10—20	22,5	77,5
60—50	57,0	43,0	20—30	22,8	77,2
50—40	52,2	47,8	30—40	10,1	89,9
40—30	43,5	56,5	40—50	3,3	96,7
30—20	37,3	62,7	50—60	1,0	99,0
20—10	26,7	73,3	60—70	3,2	96,8
10—0	23,0	77,0			

Der Gegensatz der beiden Halbkugeln zeigt sich auch hier klar. Wenn das Land zwischen 70° und 40° auf der Nordhalbkugel vorherrscht, so ist das Vorherrschen des Meeres von 20° nördl. Breite an so entschieden, wie nirgends das des Landes. Eigentümlich ist das fast konstante Verhältnis zwischen Wasser und Land von 20° nördl. Breite bis 30° südl. Breite. Auch



Die Wasserhalbkugel. Nach Hermann Beythien. Vgl. Text, S. 259.

die Ost- und Westhalbkugeln sind sehr verschieden mit Land ausgestattet. Auf der Osthalbkugel hat das Land zwischen 70° und 20° nördl. Breite das Übergewicht, und auch auf der südlichen Halbkugel liegt mehr Land im Osten als im Westen. Auf der Westhalbkugel hat überhaupt nur die Zone zwischen 70° und 60° nördl. Breite mehr Land als Wasser.

Die Entwickelung der Ansichten über das Verhältnis von Land und Meer.

Das Ringen nach einer richtigen Vorstellung von dem Umfang des Landes auf unserer Erde ist der Hauptinhalt der Geschichte der geographischen Entdeckungen. Auch heute noch, wo wir den größten Teil der Erde kennen, ist die wichtigste Frage der Geographie in den Nord- und Südpolargebieten die nach dem Verhältnis von Land und Wasser. Neue Inseln, neue Landränder sind noch immer die bedeutendsten Entdeckungen, ganz wie zur Zeit, wo der Hintergrund des Schwarzen Meeres oder die Meerenge zwischen den

Säulen des Herkules eben erkannt worden war. Unsere Vorstellung von der Größe des Landes hat sich losringen müssen von der Überschätzung der Landflächen. Für das Altertum war die Ansicht, daß das Feste auf der Erdoberfläche einen größeren Raum einnehme als das Flüssige, die selbstverständliche Folge ihres Herauswachsens aus der mittelländischen Welt, in der das Meer, nämlich das Mittelmeer, als ein rings von Land umschlossenes Becken lag. Aus dem platonischen Mythus von der Atlantis sieht man, daß auch ein Plato sich ein großes Festland nicht als Insel, sondern als Land um ein großes Meer nach mittelländischem Beispiele dachte. Daraus keimte eine Saat großartig nützlicher Irrtümer. Toscanelli stand unter dem Banne dieser Auffassung, als er jene Karte (s. S. 20) mit großen Ländern und kleinen Meeren zeichnete, die dem Kolumbus den Mut zu seiner ersten Fahrt verlieh, da sie Asien bis Westindien ausdehnte. Kolumbus soll das uns unglaubliche Verhältnis von sechs Teilen Land zu einem Teile Wasser angenommen haben. Warum nicht? Gab es doch für ihn keinen Stillen Ozean, der für uns ein Drittel der Erde bedeckt. Als das Zeitalter der Entdeckungen immer neue Meeresstrecken entschleierte, gewann die Ansicht Raum, daß mindestens im unentdeckten Süden große Landmassen die Landmassen der Nordhalbkugel aufwiegen müßten. Den oberflächlichen aber verführerischen Gedanken hatte schon das Altertum gehegt. Daraus folgte das große Australland, das, in mächtiger Ausdehnung Australien, Neuseeland, Kerguelen und anderes umfassend, den Südpol umlagerte. Als Halley 1693 das Übergewicht der Wasser- über die Landfläche der Erde aus dem Augenscheine folgerte, gehörte er zu den ersten, die diesen unrichtigen Anschauungen entgegentraten; aber erst Bode (1786) scheint nach Cooks Zurückdrängung des mythischen Südlandes eine Berechnung der Areale aufgestellt zu haben, die auf der bekannten Erde dreimal soviel Wasser als Land ergab, wobei ein Neuntel der Erde für unbekannt galt. Damit war das richtige Verhältnis wenigstens in den allgemeinen Zügen festgestellt, das seitdem durch Entdeckungen, Vermessungen und Berechnungen schärfer bestimmt worden ist.

Noch ehe Cook das große Südmeer entdeckt hatte, sagte ein Autor im zweiten Bande der „Recherches Philosophiques“: „Man rechne, wie man wolle, immer wird man zugeben müssen, daß mehr Land im Norden als im Süden der Erde gelegen sei: Es ist unbegründet, die entgegengesetzte Annahme damit zu stützen, daß die Erde ohne ein Gegengewicht am Pol ihr Gleichgewicht verlieren müsse. Allerdings ist Salzwasser leichter als Erde, aber unter dem Meere kann es Stoffe von unendlich verschiedenem spezifischen Gewichte geben. Und ein seichtes, aber ausgebreitetes Meer kann einem tiefen, aber engen Meere das Gleichgewicht halten.“ Aber das waren weit vorauseilende Gedanken. Ganz beseitigt worden ist die Hypothese doch erst durch Cooks Entdeckung großer Meeresteile gerade dort, wo die Karten bisher Land zeichneten. Gegen diese Thatsachen ließ sich nichts mehr vorbringen. Nichts beweist besser ihre siegreiche Kraft, als daß Kerguelen, der in den 1772 von ihm entdeckten Kerguelenınseln die Nordspitze des Australkontinentes gefunden zu haben glaubte, angesichts der Cookschen Entdeckungen nicht bloß diese Deutung zurücknahm, sondern sagte: „Es scheint, daß dieser ganze Teil der südlichen Meere nur mit Inseln und Klippen übersäet ist.“

Einen großen Teil der Entwickelungsgeschichte der Anschauungen über die Verteilung von Land und Wasser hat der Verfasser der Einleitung zu Cooks dritter Reise nach dem Stillen Meere treffend bezeichnet, indem er sagt: „Die Hirngespinste spekulativer Geographen waren auf der südlichen Halbkugel Festländer, auf der nördlichen Meere.“ Dort zerstörte seit Magalhães' Weltumsegelung jede Entdeckungsreise ein Stück Terra Australis, am eingreifendsten zuerst die Fahrt Abel Tasmans von Mauritius über Tasmanien nach Neuseeland, dauernd wirksamer dann die zweite Reise Cooks. Auf die Zurückdrängung des hypothetischen Südlandes haben auch alle weiteren Entdeckungen im Südpolargebiete gewirkt. So vollzog sich bis auf unsere Zeit herab, wo noch die letzte wissenschaftliche Südpolarfahrt ein Stück von Wilkesland wieder in Meer verwandelte, hier das Umgekehrte des Prozesses, den die arktische Forschung erlebt hat. Die Einengung des Landes zu gunsten des antarktischen Meeres ist immer weiter fortgeschritten. Nicht nur Feuerland, Südgeorgien und die Kerguelenınseln sind gleichsam losgeschälte Stücke des einst als zusammenhängend angenommenen Australlandes. Fast von jeder einzelnen Insel, jedem einzelnen Archipel kann das Gleiche gesagt werden, daß die erste Hypothese nach ihrer Entdeckung in der Regel die des Festlandrandes war; der Nachweis der Insularität folgte als bessere Erkenntnis nach. Selbst das kleine Palmerland, früher als Teil eines Südpolarkontinentes betrachtet, wurde von Smiley umschifft und damit als Inselgruppe festgestellt. Nun liegen allerdings Anzeichen vor, daß man sich einer größeren antarktischen Landmasse genähert hat, die möglicherweise an Ausdehnung Australien übertrifft. Immerhin nur ein kleiner Rest der alten Terra Australis!

Das Weltmeer und die Meere.

Da das Meer ein zusammenhängendes Ganze ist, kann man das Meer nur nach unwesentlichen äußerlichen Eigenschaften in Meere teilen. Praktisch ist diese Teilung berechtigt. Aber darüber hinaus wollen wir nicht vergessen, daß, wenn man das Meer nicht als eines auffaßt, man die Natur des Meeres nicht verstehen kann. Diese Einheit ist auch keine ruhende Eigenschaft, sondern erneuert sich ununterbrochen durch die Bewegungen des Meeres, für die es keine Grenzen als die Grenzen des Weltmeeres selbst gibt. Es wäre deswegen auch ganz schief, die Erdteile mit den Meeren zu vergleichen. Die Erdteile sind von Natur abgesonderte Inseln, die Meere sind immer nur künstliche Absonderungen. Wir wollen uns also durch die Klassifikation, deren praktische Notwendigkeit niemand leugnet, nicht bestimmen lassen, in unserer Betrachtung der Meere den einzelnen Abschnitten allzuviel Bedeutung beizulegen.

Was Land ist, das gehört zum Lande der Erde, sei es Erdteil, Insel oder Meeresboden. Es gibt kein Land außer diesem auf der Erde. Aber das Meer ist nur ein Teil der Hydrosphäre, der in ununterbrochener Wechselwirkung mit anderen Teilen sich erneut. Das Meer ist also eine weniger abgeschlossene und selbständige Erscheinung. Daher gibt es auch Erscheinungen des Flüssigen, von denen wir nicht genau wissen, ob wir sie noch zum Meere rechnen sollen. Das durch eine Meeresstraße von 6 km Breite und 4 m Tiefe mit dem Schwarzen Meere zusammenhängende Asowsche Meer ist fast mehr Lagune als Meeresteil. Das Schwarze Meer selbst war, nach den Entdeckungen subfossiler Muscheln durch Andrussow an seinem Grunde, bis in die Eiszeit ein brackiger See, ungefähr wie der Kaspische. Die Ostsee, das Sammelbecken eines weiten Niederschlagsgebietes, dessen Schneeschmelze sogar im Wasserstande sich geltend macht, nähert sich mit ihrem salzarmen Wasser, mit ihrem schwachen Zusammenhange mit dem Atlantischen Meere schon den Süßwasserseen. Es ist nur ein kleiner erdgeschichtlicher Zufall, daß die Ostsee nicht ganz vom Meer abgeschlossen ist. Kann uns der Salzgehalt ihres Wassers, 0,7 Prozent beim Vorgebirge Hela, abhalten, sie mit den fünf Großen Seen Nordamerikas zu vergleichen, die nur um weniges kleiner als die Ostsee sind und eine ähnliche Vorgeschichte haben? Es ist sogar gut, die Meeresabschnitte vom Typus der Ostsee als besondere Bildungen zwischen den Meeren und den abgeschlossenen Seen festzuhalten. Sie vermitteln den Übergang von der einen Form der Hydrosphäre zur anderen. Oft ist im Laufe der Geschichte der Erde die eine in die andere übergegangen.

Es kann sich also nur um eine Klassifikation zu praktischen Zwecken handeln, wenn wir in dem Sprachgebrauch der Nautiker und der Geographen zunächst drei Meere finden, die seit Jahrhunderten ziemlich übereinstimmend unterschieden werden. Der Atlantische Ozean und der Stille Ozean (Großer Ozean, Südsee) sind als die größten Meere allgemein angenommen, und praktisch gilt dies jetzt auch für den Indischen Ozean, in dem viele früher nur eine Bucht des großen Südmeeres sehen wollten. Buchten und Sunde des Gesamtmeeres sind aber im Grunde auch jene beiden anderen Ozeane. Werden wir doch weiter unten sehen, wie für eine große Auffassung die Festländer drei Paar Erhebungen bilden, die paarweise als Nord- und Süderdteile zusammenhängen und außerdem im Norden durch Anschwellungen des Meeresbodens miteinander verbunden sind. Zwischen sie sind diese drei großen Meere eingebettet. Im Süden dagegen reichen die tiefen Meeresbecken weit über die Festländer hinaus und sind erst in hohen südlichen Breiten durch Schwellen abgeschlossen, auf denen sich jenseits von 70° südl. Breite größere antarktische Länder erheben dürften. Während wir also an der Oberfläche der Erde ein zusammenhängendes

Meer und inselförmig darin verteilte Länder haben, zeigt uns die Betrachtung der Meerestiefen Becken, die von zusammenhängenden unter- und übermeerischen Anschwellungen umgeben sind.

Nicht nur die Verteilung der großen Festländer gliedert das Weltmeer; auch die Inseln individualisieren, wo sie zahlreich oder in bestimmter Ordnung die einförmige Wasserfläche durchbrechen. Das ist besonders auch wichtig für die Verbreitung des Lebens, auch des Menschen, und damit wieder für die geschichtliche Stellung der Inseln. Ist nicht der Atlantische Ozean mit einsamen Klippen, wie Rockall und Sankt Paul, ein ganz anderes Meer als der Stille Ozean, den so viele große Inseln und Zehntausende kleinerer durchsetzen? Der Ausdruck Inselmeer ist für den westlichen zentralen Stillen Ozean wohlberechtigt; er ist es auch für die Mittelmeere und für den westlichen Indischen Ozean zwischen dem Äquator und dem südlichen Wendekreis. Der Atlantische Ozean und das große Südmeer sind, mit diesen verglichen, die einförmigsten Wasserwüsten und Lebensschranken des Planeten.

Nach Größe und Tiefe stehen der Stille und der Atlantische Ozean allen anderen voran. Sie sind beide im Norden und Süden mit den Eismeeren in offener Verbindung, ragen also durch alle Zonen hindurch und haben doppelte Strömungssysteme. Der Indische Ozean ist gleichsam nur die Südhälfte eines solchen Weltmeeres, steht nur mit dem Südlichen Eismeer in Verbindung, hat nur ein einziges Strömungssystem. Aber diesen drei Meeren ist die Ausdehnung, die Umschließung durch Festländer und der Besitz großer Strömungssysteme gemein. Sie folgen der Größe nach einander in der Reihe: Stiller Ozean 175 Mill. qkm, Atlantischer 90 Mill. qkm, Indischer 74 Mill. qkm.

Der Atlantische Ozean liegt zwischen Amerika, Europa und Afrika und zwischen den Meridianen des Kap Hoorn und des Kap Agulhas und wird, nach der üblichen Annahme, im Norden vom nördlichen, im Süden vom südlichen Polarkreis begrenzt. Kein Ozean ist in seiner Lage und Gestalt so entschieden von den ihn umgebenden Ländern bestimmt wie der Atlantische, der eine S-förmige Rinne zwischen der Alten und Neuen Welt bildet. Wenige auf der Kontinentalstufe des Atlantischen Ozeans liegende Inseln, wie Großbritannien, Neufundland, die Großen Antillen, sind nicht vulkanisch, alle anderen, sehr spärlich durch den weiten Raum verteilt, sind vulkanisch. Bezeichnend ist die Verbreitung der vereinzelten oder nur in kleinen Gruppen auftretenden Inseln von Island bis Tristan da Cunha in der Längsachse des Atlantischen Ozeans und die Inselarmut zwischen 40° und 60° nördl. Breite sowie im ganzen Südatlantischen Ozean. Die Gestalt des Atlantischen Ozeans wird beherrscht durch seine Lage zwischen Schollenländern, zwischen denen allerdings auch Faltengebirge auftreten, die aber nicht dem Meere entlang, sondern gegen dasselbe streichen, daher auch als Inselketten sich in das Meer hinausziehen. Diesem Bau der Randländer entsprechend liegen ausgedehnte Tiefländer um den Atlantischen Ozean. Das begünstigte in der Entwickelung dieses Ozeans die Entstehung großer Buchten und Mittelmeere, die ihrerseits wieder dazu beiträgt, daß zahlreiche große Ströme in den Atlantischen Ozean münden, darunter die größten Amerikas und Afrikas. Die Ränder des Atlantischen Ozeans sind gleich denen eines Thales durch gleichförmige Einbuchtungen und Vorsprünge bezeichnet, die wesentlich nur einen Ost- und Westrand bilden. Beide Ränder haben das Gemeinsame, im Süden weniger gegliedert zu sein als im Norden. Am Ostrand ist der afrikanische, am Westrande der südamerikanische Anteil der gliederungsarme; bei beiden ist die reichste Gliederung durch eine in der Mitte einspringende tiefe Bucht, hier Antillenmeer, dort Mittelmeer, bewirkt; nach Norden folgen dann auf beiden Seiten Gebiete reicherer Gliederung, die auf der Ostseite, in Europa, klimatisch hochbegünstigt sind.

Der Stille Ozean liegt zwischen Amerika, Asien und Australien und dem südlichen Polarkreis. Er ist mit 175 Mill. qkm oder 3,2 Mill. Quadratmeilen das größte Meeresbecken, dessen Selbständigkeit schon in seiner geschlossenen und regelmäßigen Gestalt zur Erscheinung kommt, die an dem Ostrande keine einzige bedeutende Bucht, geschweige denn ein Mittelmeer umschließt, während die Nord- und Westseite durch sechs Randmeere gegliedert ist, die durch bogenförmige Inselreihen von dem offenen Ozean getrennt sind: das Beringsmeer und die Aleuten, das Ochotskische Meer und die Kurilen, das Japanische Meer mit den japanischen Inseln, das Gelbe Meer mit den Liukiu-Inseln, das Chinesische Südmeer mit den Philippinen und die Bandasee mit Neuguinea. Die Ränder des Stillen Ozeans sind in weiter Ausdehnung durch Gebirgszüge gebildet, die parallel dem Meeresrande laufen: am Ostrande die Kordilleren beider Amerikas, am Westrande die östlichen Randgebirge Asiens in vulkanbesetzten Inselgebirgen von Kamtschatka bis Hinterindien. Daher münden nur wenige große Ströme in den Stillen Ozean. Der Inselreichtum des Westens, verbunden mit stark ungleichmäßiger Bodengestalt, steht der Inselarmut im Osten gegenüber. Und ebenso liegt im zentralen Stillen Ozean ein inselreiches Gebiet zwischen der Inselarmut des nördlichen und südlichen.

Der Indische Ozean wird durch Afrika im Westen, Asien im Norden, Australien im Osten begrenzt. Sein nördlichster Punkt ist das Nordende des Roten Meeres bei Sues. Seine Ostgrenze ist unsicher, da das Meer frei zwischen den Inseln des Indischen Archipels durchflutet. Während die den westlichen Indischen Ozean begrenzenden Länder: Afrika, Arabien und Indien Reste eines alten Tafellandes sind, in dessen Brüche das Meer eingedrungen ist, liegen am Ostsaume des Indischen Ozeans Teile des vielbewegten Gebirgs- und Vulkanlandes des pacifischen Beckens. Der Indische Ozean ist inselarm im Norden und Süden. Im Westen liegt Madagaskar mit seiner Umgebung als Rest eines alten Landes, im Osten liegen die viel jüngeren Inseln des Indischen Archipels.

Die beiden Polarmeere.

Wenn man bedenkt, daß die Tiefe des Meeres der Schauplatz gewaltiger Bewegungen ist, die von einem großen Einfluß auf die Verteilung der Temperatur und der Dichtigkeit des Meerwassers sind, so müssen die Bodenformen, die diese Bewegungen bestimmen, auch in der Klassifikation der Meeresräume ihre Stelle finden. Das Mittelmeer wäre nicht so eigenartig, wie es ist, wenn es nicht durch die Bodenschwelle in der Straße von Gibraltar auch in der Tiefe so scharf abgesondert wäre. Nun ist das ganze Nordeismeer mittelmeerartig umwallt. Die enge Beringstraße ist schon oberflächlich eine natürliche Grenze und wird es noch mehr durch die Bodenschwelle zwischen Ostkap und Kap Prinz von Wales, auf der die Diomedesinseln und die Krusensterninsel aufsitzen. Eine Bodenschwelle zwischen Baffinsland und Grönland scheidet den Atlantischen Ozean vom Nordeismeer westlich von Grönland und eine zweite, aus welcher Island, die Färöer und Shetlandinseln emporsteigen, östlich von Grönland. Dadurch wird für uns die schematische Abgrenzung des Nordeismeeres durch den Polarkreis ganz unnötig.

Zwischen den südlichen Teilen der drei großen Meere und dem Südeismeere gibt es so ausgesprochene Grenzschranken nicht. Wohl sendet die atlantische Schwelle im Südatlantischen Ozean zwischen 20° und 40° südl. Breite den Walfischrücken nach der südwestafrikanischen Küste, der die ostatlantische Mulde von der Kapmulde trennt, aber südlich davon hängt diese offen mit der antarktischen Tiefsee zusammen. Das Verständnis des Massenzustromes von kaltem antarktischen Wasser in den südlichen Atlantischen Ozean ist erst möglich geworden durch

den Nachweis, daß ein unterseeischer Rücken von weniger als 3000 m Tiefe zwischen dem Kap der Guten Hoffnung und Tristan da Cunha nicht vorhanden ist, daß hier vielmehr Tiefen von mehr als 5000 m vorkommen, durch die das kalte, schwere Wasser aus dem Südeismeer sich nordwärts ergießt. Soweit die wenigen Messungen im südlichen Indischen und Stillen Ozean erkennen lassen, sind auch dort offene Verbindungen mit dem Eismeere vorhanden. Unter solchen Verhältnissen findet die Klassifikation der Meere die größte Schwierigkeit in der Umgrenzung des Südeismeeres, dem eben gerade das abgeht, was andere Teile des großen Wassers individualisiert, nämlich die Umschließung durch Länder.

Es liegt ja eigentlich schon eine Klassifikation in der Entgegensetzung der südlichen und nördlichen Halbkugel, worin der Gegensatz der ozeanischen Ausbreitung im Süden zu der Beschränkung und Einengung im Norden enthalten ist. Nur auf der Südhalbkugel haben wir ein alle Länder umfassendes Meer, von dem, wie aus gemeinsamem Ursprunge, die Ozeane sich nordwärts erstrecken, während umgekehrt auf der Nordhalbkugel die Länder das Meer einschließen und zerteilen. Gerade diese Umschlossenheit des Nordeismeeres veranlaßt in Gemeinschaft mit dem Inselreichtum Eisstauungen in Buchten und Meeresstraßen, die aus Inseln eisverkittete und eisbedeckte Festländer von allerdings vergänglichem, aber jeden Winter sich wieder erneuerndem Dasein machen. Geographisch kann ein so eisreicher und fest gefrierender Meeresteil wie die Karische See im Winter als Land betrachtet werden. Klimatologisch ist sie nicht dasselbe, denn in 1,5—2 m Tiefe ist jederzeit flüssiges Wasser vorhanden, während der Erdboden viel tiefer hinab gefroren ist. Trotzdem ist aber die Tendenz des Polarklimas infolge der oberflächlichen Erstarrung des Meeres im Winter mehr kontinental als im Sommer, wie besonders auch in der außerordentlich lang anhaltenden Trockenheit und Kälte sich ausspricht. Mit dem Aufgehen des Wassers im Frühsommer öffnet sich freilich sofort eine Quelle von unten emporschwellenden Wassers, das dann mit der Sonne erwärmend zusammenwirkt.

Die Schwierigkeit, aus dem drei Viertel der Erdoberfläche bedeckenden Weltmeere die einzelnen Ozeane abzusondern, veranlaßte die Londoner Geographische Gesellschaft, 1845 eine Kommission zur Prüfung der besten Einteilung der fünf sogenannten großen Ozeane einzusetzen. Nach dem 1847 erstatteten Bericht dieser Kommission werden die beiden Eismeere durch die Polarkreise begrenzt. Diese Begrenzung kann man hinnehmen in der Arktis, wo Europa, Asien und Amerika ohnehin drei Vierteile des Eismeeres mit Landschranken umgeben und so ein natürlich begrenztes Becken herstellen, das allerdings im größten Teil seiner Erstreckung den Polarkreis nicht erreicht. Ganz anders verhält sich das Südliche Eismeer. Der südliche Polarkreis verläuft in offener See. Nach allen drei Nachbarmeeren ist das Südliche Eismeer weit offen. Seine Abgrenzung durch den Polarkreis ist also ganz künstlich. Wir finden diese Abgrenzung gewaltsam. Die Einschaltung eines besonderen Südmeeres, die damals John Herschel vorschlug, entspricht der Natur weit mehr. Aber nicht eine Grenzlinie durch die Südspitze der drei Erdteile der südlichen Halbkugel und der südliche Polarkreis sollte dieses Südmeer abschließen, sondern der 40. Grad südl. Breite, der den landärmsten Erdgürtel äquatorwärts begrenzt und damit auch die Nordgrenze der Zone des ozeanischen Klimas und der reinsten Ausbildung ozeanischer Bewegungen bildet. Boguslawski war dem 55. Grade südlicher Parallele als Grenze geneigt und sprach als gemeinsames Merkmal eines Südmeeres zwischen 55° und 66° südl. Breite die langsamen Kaltwasserbewegungen nach niederen Breiten an, in denen der Ursprung wichtiger Strömungserscheinungen dieser Breite liegt.

Wir möchten die große Westwinddrift, die in dieser Breite die ganze Erde umwirbelt, als eine noch bemerkenswertere Thatsache bezeichnen, die überhaupt allein dasteht. Gerade sie und überhaupt die Wind- und Strömungsverhältnisse veranlassen uns, von einer Trennung des Südlichen Eismeeres von dem Südmeer abzusehen. Dazu kommen die biogeographischen Gründe für die Annahme eines einzigen antarktischen Lebensgebietes für alle Meere südlich von 40° südl. Breite. Dieselbe Grenze entfernt sich nicht weit von der rein klimatologischen

Abgrenzung des südlichen Polargebietes durch die 10° Isotherme des wärmsten Monats. Eine einzige zusammenhängende Meereserstreckung, sei es vom 40.° südl. Breite oder von den die Südspitzen der Südfestländer verbindenden Linien südwärts, ist eine Forderung der geographischen Wissenschaft, die neben der bequemen Praxis der üblichen Abgrenzung durch die Polarkreise wohl bestehen kann.

Nur für kleinere Meere hat man die Grenzen in derselben Weise wie für andere politische Gebiete vertragsmäßig zu bestimmen gesucht. Als Beispiel nennen wir die Grenzen der Nordsee, wie sie in dem Haager Fischereivertrag von 1882 festgelegt sind: 61° nördl. Breite im Norden; gerade Linie von dem Leuchtturm Lindesnäs zu dem Leuchtturm Hanstholm, ferner Leuchtturm von Gris Nez im Osten und Süden; gerade Linie zwischen den Leuchttürmen von Gris Nez und South Foreland, darauf zwischen Duncansby Head, der Südspitze der südlichsten Orkneyinsel, dann Ostküste von Orkney- und Shetlandinseln, endlich Meridian von Nord-Unst bis zum 61. Grad nördl. Breite.

Mittelmeere und Randmeere.

Aus dem Verhältnis der Meere zu dem Boden, den sie überschwemmt haben, ergibt sich der Unterschied flacher, seicht über Tiefländer übergreifender Meere: Transgressionsmeere, wie Nordsee und Ostsee, und in kontinentale Vertiefungen eingreifender Meere: Ingressionsmeere, wie die Mittelmeere. Jene haben ein flaches Stück Festland überschwemmt, diese sind über ein in die Tiefe sinkendes Stück Festland hereingebrochen. Beiden gemein ist das Eingreifen in die Festländer und zwischen die Festländer, wodurch die in vielen Beziehungen höchst folgenreichen engen Vereinigungen und Durchdringungen von Meer und Land bewirkt werden. Diese Rand- und Mittelmeere sind, verglichen mit den Ozeanen, mäßige Größen: sie nehmen nicht über 6 Prozent der Meeresfläche ein. Die Umrisse und Bodenformen tragen aber zur Individualisierung bei. So beträgt die Breite des Zusammenhanges des Mittelmeeres mit dem Atlantischen Ozean nicht ein Hundertstel des größten Breitendurchmessers des Mittelmeeres; eine Bodenschwelle mit nur 200 m Wasser darüber vervollständigt die Abschließung (s. die Karte, S. 268). Dazu kommt das negative Merkmal des Mangels eigener Strömungssysteme. Erdgeschichtlich sind diese Meere durch ihre Jugend ausgezeichnet; so wie sie räumlich die äußersten Verlängerungen des Meeres in die Länder hinein sind, stellen sie zeitlich den letzten Zuwachs der Meere, den letzten Gewinn des Meeres über das Land dar, und eben deshalb schwankt denn auch ihre Geschichte zwischen See und Meer, wie Ostsee, Schwarzes Meer, Rotes Meer zeigen, die alle drei noch in nicht weit zurückliegenden Zeiten Binnenseen gewesen sind.

Wir unterscheiden zuerst die drei zwischen den Nord- und Südfestländern gelegenen Mittelmeere: Das eurasische, das amerikanische und das australasiatische. Die Familienähnlichkeit dieser Mittelmeere ist in ihrer Lage zu den Erdteilen zu finden, in ihrem geologischen Bau, ihrer beträchtlichen Tiefe und den großen Tiefenunterschieden, die besonders auffallend vor Steilabfällen der Küste sind, endlich in der durch diese Unterschiede bedingten eigentümlichen Wärmeverteilung in ihrer Tiefe. Aus der Lage zwischen den großen Festländern entfließen die großen geschichtlichen Wirkungen dieser Meere und ihre Stellung im modernen Weltverkehr. Das Eigentümlichste dieser Lage ist, daß sie weit über den engen Raum hinauswirkt. Wenn die geschichtliche Bedeutung unseres eurasisch-afrikanischen Mittelmeeres außer Verhältnis zu seiner räumlichen Größe steht, so ist die Ursache in der Lage zu suchen; denn nicht bloß die Gestalt von Europa, Afrika und Asien bestimmen die Nord-, Süd- und Ostgestade des Mittelmeeres, sondern die Erdteile selbst wirken weit hinaus auf das Mittelmeer, das wie ein Sammelbecken ihre ganze Bedeutung in sich aufnimmt und als ein Eigenes wieder ausstrahlt.

Gegenüber der großen Ungleichheit der südlichen und nördlichen Teile der Festländer tritt die Übereinstimmung der Mittelmeere doppelt eindringlich hervor. Schon Varenius hat das Antillenmeer als ein Mittelmeer bezeichnet. Es schiebt sich zwischen Nord- und Südamerika, wie unser Mittelmeer zwischen Eurasien und Afrika ein. Die Sundasee mit ihren beiden Inselketten ist nach Richtung und Gestalt dem Antillenmeer sehr ähnlich. Das amerikanische Mittelmeer und das australasiatische Mittelmeer sind beide von geraden Linien und Kreisabschnitten umrandet, wie besonders der Golf von Mexiko und der Inselhalbring der Kleinen Antillen und die Umrandung der Celebes- und Bandasee zeigen. Ganz ähnliche Brüche wie die, welche den Außenrand des australasiatischen Mittelmeeres zerklüften, haben auch Kuba, Domingo, Puerto Rico auseinander gerissen. Inselketten knüpfen Australien an Asien, so wie Südamerika durch die Isthmen von Mittelamerika mit Nordamerika verbunden wird. Mittelmeer, Antillenmeer und Sundasee trennen also jeweils ein Festlandpaar: Europa-Afrika, Nord- und Südamerika, Asien-Australien, voneinander und sind zugleich, jedes für sich, eigentümlichste, aber verwandte Teile der Erde und des Weltmeeres.



Die Meerenge von Gibraltar. Nach der englischen Admiralitätskarte. Vgl. Text, S. 267.

Neben den Mittelmeeren unterscheiden wir die **Randmeere** von der Art der Nordsee und Ostsee, die besonders in den nördlichen Teilen des Atlantischen und Stillen Ozeans entwickelt sind, dann die **inselumschlossenen** Meere von der Art der Bandasee oder Sulusee, für die Precht den treffenden Namen „Kranzmeer“ vorgeschlagen hat. Ähnlichkeit der Entstehung verleiht kleineren Nebenmeeren mittelmeerische Züge; dazu gehören die beiden in auffallender Übereinstimmung der Lage, Gestalt, Tiefe und Gestadebildung nordwestwärts in altes asiatisch-afrikanisches Land einschneidenden Teile des Indischen Ozeans: das Rote Meer und das Persische Meer, die man als eine Übergangsform zwischen Mittelmeeren und Meeresbuchten bezeichnen könnte.

Wie bei den Erdteilen ist auch bei den Meeren die Einteilung und Benennung im Laufe der Entdeckungen durch Reisen und denkende Forschung entstanden, und ihre Namen haben sich langsam verbreitet und umgebildet. Die älteren Griechen kannten nur ein einziges Meer, das **Mittelmeer**, das sie das Meer schlechtweg nannten. Langsam tauchten das **Atlantische Meer** als das westliche und der **Indische Ozean** als das östliche Meer hervor, die beide als äußere Meere dem inneren, dem Mare internum, gegenübertraten. Ehe der Ostrand des Schwarzen Meeres genau bekannt wurde, schrieb man ihm einen Zusammenhang mit einem Meere zu, das unserem **Nördlichen Eismeer** entspricht.

Das Zeitalter der Entdeckungen brachte die Kenntnis der Westgrenzen des Atlantischen Ozeans und dessen Verbindung mit dem Indischen, vor allem aber des Stillen Ozeans, der noch heute besonders bei den deutschen Seeleuten allgemein den Namen Südsee führt, den ihm 1513 sein erster Entdecker, V. Nuñez de Balboa, gab, als er diesen Ozean von der Landenge von Darien zuerst erblickte. Damals hieß folgerichtig der Atlantische Ozean Mar del Norte. Den Namen Großer Ozean gab jenem erst Buache 1752. Der Äquator teilt den Atlantischen und Stillen Ozean fast in der Mitte, und dadurch entstehen ihre größten Abteilungen: Nord- und Südatlantisches, Nord- und Südpazifisches Meer. Die Formen Atlantik, Pazifik, Indik sind undeutsch und, da sie geschmacklos sind, auch nicht einmal bequem.

Früher unterschied man zwischen Ozean und Meer und behielt den Namen Ozean für das Atlantische und Stille Meer vor. Da aber der Sprachgebrauch schon längst das Wort Meer auch dort anwendete, wo „die großen Meere sich in die Länder hinein erstrecken und große Golfe bilden" (Buache), so ist das Wort Meer an eine Unzahl von großen und kleinen Teilen vergeben. Für das Ganze bleibt nur noch Weltmeer übrig, das ja vielsagend genug ist. Neuerdings ist dafür von Supan der fast noch passendere Ausdruck Weltwasser angewendet worden.

Erdteil und Festland.

Erdteil und Festland sind sehr verschiedene Begriffe. Ein Festland ist immer ein Erdteil, aber viele Teile der Erde haben nichts mit Festland zu thun. Auch ein Meer oder eine Inselgruppe kann man als Teil der Erde bezeichnen. Auch eine Hemisphäre oder ein Mittelmeergebiet ist ein Teil der Erde. Sind doch Land und Meer in vielen Teilen der Erde so eng miteinander verbunden und so reich ineinander gegliedert, daß man sie nicht auseinander lösen kann. Die Unterscheidung Erdteil und Meer ist keineswegs das letzte Wort. Gerade solche Abteilungen wie Zentralpacifisches Gebiet, Mittelmeergebiet, Baltisches Gebiet sind geboten, schon aus erdgeschichtlichen Gründen. Arktis und Antarktis umschlossen stets Länder **und** Meeresteile. Da aber die Meere immer für sich benannt und unterschieden worden sind, beschränkt man herkömmlicherweise den Ausdruck Erdteil auf das Land und nennt Erdteile die zusammenhängenden großen Landmassen. Für diese hat man nun freilich auch den Namen Festland bereit; da es aber für sie viel bezeichnender ist, daß sie groß als daß sie fest sind, würde man sie besser noch Großland nennen. In einer geographischen Betrachtung kann also das Wort Erdteil in einem allgemeineren Sinne verwendet werden, und es dürfte sich verlohnen, Erdteile alle von Natur selbständigen Erdräume zu nennen, wobei wir von den Fest- oder Großländern zu den Gruppen größerer Inseln, zu einzelnen größeren Inseln und endlich zu Gruppen weitzerstreuter kleiner Inseln herabsteigen.

Möchte es scheinen, als ob Unvereinbares hier zusammengebracht werde, so erwäge man die erdgeschichtliche Thatsache, die übrigens schon das Übergewicht des Wassers an der Erdoberfläche voraussehen läßt, daß Festländer aus Inseln werden, und daß aus Festländern auch immer wieder Inseln geworden sind. Inseln liegen am Anfang und am Ende der Entwickelung der Festländer. Wir sehen keinen Kontinent entstehen und keinen vergehen, unser Leben ist zu kurz und die Zeit, die wir die geschichtliche nennen, diese paar Jahrtausende, sind ebensowenig geeignet, einen nennenswerten Teil eines Prozesses zu beobachten, der nur mit Jahrhunderttausenden zu messen ist. Wohl aber sehen wir an einigen Stellen Kontinente wachsen und an anderen zurückgehen. Dort schließen sich Inseln an, hier lösen sich Inseln ab. An Strommündungen entstehen Anschwemmungsinseln; was hier angeschwemmt wird, geht dem Inneren des Landes verloren. Für die Inseln, die hier aufgeschüttet werden, entstehen dort Hohlräume. Hier Gewinn, dort Verlust. Wird einst das Land sinken, dann wird das Meer in die Hohlräume der Thäler des Landes eindringen und das Land in Inseln verwandeln.

Eine Klassifikation der Teile der Erde von diesen Gesichtspunkten aus könnte etwa folgendermaßen gegliedert sein: I. Gruppe des nördlichen Festlandgürtels: 1) Asien-Europa oder Eurasien; 2) Nordamerika. II. Gruppe der südlichen Festländer: 3) Afrika; 4) Südamerika; 5) Australien. III. Polare Erdteilgruppen: 6) Arktis; 7) Antarktis. IV. Kleine Kontinente oder Festlandreste: 8) Madagaskar und Nachbarinseln (Maskarenen, Komoren, Seychellen, Amiranten); 9) Ceylon; 10) Neuseeland. V. Ozeanische Inselgruppen: 11) Ozeanien. Vulkanische und Korallen-Inseln; 12) Inseln des Atlantischen Ozeans; 13) Inseln des südlichen Indischen Ozeans. I und II sind Festländer oder Großländer, III umfaßt große Länder, Inseln und eisbedeckte Meere zugleich. Auf I, II und III pflegt man den Namen Festland zu beschränken. IV und V sind Inseln im gewöhnlichen Sinne.

Unter diesen Teilen der Erde bilden die unter I. und II. zusammengefaßten wieder eine große natürliche Gruppe für sich. Eurasien, Amerika und Afrika liegen nämlich den tiefsten Teilen des Weltmeeres als eine zusammenhängende Aufwölbung gegenüber. Auch Australien ist durch die inselreichen australasiatischen Archipele mit dieser Masse verbunden. Nur seichte oder inselreiche Meere trennen die nördlichen Ausbreitungen dieser Landmasse. An vielen Stellen liegt dagegen die Tiefsee ihr so nahe, daß nur ein steiler Abfall die größte Landansammlung und die tiefsten Meeresbecken voneinander trennt. Unter dem Eindrucke dieses, durch sehr stark verkleinerte Karten und überhöhte Durchschnitte übertriebenen Gegensatzes hat man für die zusammenhängende Landanschwellung die Bezeichnung Kontinentalblock gewählt. Es liegt aber durchaus nichts Blockartiges in dem Aufsteigen der Festlandfundamente aus dem Meere; die naturgemäße und einfachste Bezeichnung ist zusammenhängende Landanschwellung. An der Oberfläche erscheint sie als ein Landgürtel, der zwischen durchschnittlich 70° nördl. Breite und 40° südl. Breite um die Erde zieht, im Norden bis auf die atlantische Lücke und die Beringstraße um das Eismeer geschlossen ist, während von Süden her die großen Meere breit zwischen die auseinandertretenden Südländer eindringen.

Da die Berechtigung der Klassifikation aller jener geographischen Erscheinungen, die unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden können, immer nur eine verhältnismäßige sein wird, so möge ausdrücklich auf die Versuche hingewiesen sein, auch noch andere Auffassungen, als die von uns geltend gemachten, hier wirksam werden zu lassen. Man kann nicht bloß die Polarländer und Polarinseln, wie wir es gethan und wie es zuerst Varenius that, als er die Erdteile in die Weltinseln der Alten und Neuen Welt, die Terra polaris septentrionalis und die Terra australis schied, um die Pole sich gruppieren lassen, man kann alles Land der Erde in Land der Nord- und Land der Südhalbkugel teilen. Europa, Asien, Nordamerika sind zirkumarktisch, Afrika, Australien, Südamerika zirkumantarktisch gelegen. In der Pflanzen- und Tiergeographie finden wir einen Anklang an diese Einteilung insofern, als ja thatsächlich die Lebewelt der Nordhalbkugel sich mit einer großen Zahl von Gemeinsamkeiten derjenigen der Südhalbkugel entgegensetzt. Dennoch glauben wir aber, daß unsere Einteilung eine reiner geographische ist. Und darauf kommt es uns ja an. Unter allen früheren Einteilungen nähert sich diejenige Johann August Zeunes am meisten der unsrigen.

Die Raumgröße ist bei den Teilen der Erde mehr als eine nur äußerliche Eigenschaft, und die Größe der Erdteile ist wohl betrachtenswert. Innig hängt mit ihrer Größe die Mannigfaltigkeit ihrer Eigenschaften und Wirkungen zusammen. Australien ist der kleinste und klimatisch einförmigste der eigentlichen Erdteile. So wie nur in den großen Meeren sich die Strömungen und Gezeiten unbehindert entwickeln können, so kommen nur in den großen Erdteilen Stromsysteme, Seensysteme, Gebirgssysteme, Wüsten zur vollen Entwickelung. Die Entfaltung des Lebens fand in den großen Festländern Raum und mannigfaltige äußere Bedingungen, hier Absonderung und dort Verbindung mit Nachbarländern. In allen diesen Beziehungen ist die

größte Festlandgruppe Eurasien vor allen kleineren bevorzugt, wie auch ihre Stelle in der Geschichte der Menschheit beweist. Gerade in dieser Geschichte der Menschheit spricht sich besonders auch die mannigfaltige Berührung oder Annäherung Eurasiens an alle anderen Festländer, Südamerika ausgenommen, aus: eine Folge seiner Größe und seines breiten Hingelagertseins in den landreichsten Zonen.

Indem Afrika durch die allerdings nur 120 km breite Landenge von Sues mit Eurasien zusammenhängt, entsteht die größte Festlandgruppe der Erde, die mehr als drei Fünftel alles Landes in sich faßt. Diesen drei zusammenhängenden Erdteilen Europa-Asien-Afrika mit 83 Mill. qkm schließen sich an Amerika mit 38 Mill. qkm und Australien mit 7,7 Mill. qkm. Nun erscheint erst in weitem Abstande Grönland mit 2,2 Mill. qkm und dann Neuguinea mit 785,000 qkm und Borneo mit 733,000 qkm, die beide etwa zehnmal kleiner als Australien sind, worauf es rasch abwärts geht zu Madagaskar (591,000), Sumatra (420,000), Japan (378,000, ohne die Liukiu- und Linschoteninseln), Großbritannien und Irland (314,000), Neuseeland (268,000 qkm) und einige größere Inseln, deren Zahl gering ist, bis zu den Hunderttausenden von kleinen Inseln und Eilanden.

Es ist das eine ungemein wichtige Thatsache, daß wir neben drei großen Landmassen einige wenige große Inseln haben, die zudem in der Nähe der großen Landmassen liegen, und daß dann eine Menge von kleinen und sehr kleinen Inseln höchst ungleichmäßig durch die Ozeane zerstreut sind.

Die Verteilung des Landes an die Landgruppen stellt uns zunächst die drei Norderdteile mit 78 Mill. qkm den drei Süderdteilen mit 56,5 Mill. qkm gegenüber. Der Alten Welt mit 93 Mill. qkm steht die Neue Welt mit 42 Mill. qkm gegenüber. Eurasien mit 54 Mill. qkm, Asien 44, Europa 10, gegen Afrika mit 30 und Australien mit 9 Mill. qkm zeigen das gewaltige Übergewicht des Landes auf der Nordseite der Alten Welt. Dagegen sind Nordamerika mit 24,1 und Südamerika mit 17,8 Mill. qkm, als Nord- und Süderdteil der Westhalbkugel, einander ähnlicher.

Nordländer und Südländer.

Europa, Nordamerika und Nord- und Mittelasien bilden eine Kette von großen Ländern, die zwischen dem Eismeer im Norden und den drei Mittelmeeren im Süden eine ringförmige Landansammlung bilden, die durchaus nördlich vom Äquator gelegen ist, und als deren idealen Mittelpunkt man den Nordpol bezeichnen kann. Eurasien nimmt 190 Längengrade ein, Nordamerika weitere 130, so daß nur 40 Grade zwischen Kap Race (Neufundland) und Insel Valentia (Irland) übrigbleiben, die der Atlantische Ozean ausfüllt. Gleichzeitig erreicht Asiens Festland nicht ganz den Äquator, und Nordamerika ist physikalisch nicht über den Wendekreis hin auszudehnen. Also haben wir hier zwei sehr breite und wenig lange Festlandmassen, deren größter Teil der gemäßigten und nördlichen kalten Zone um so entschiedener angehört, als in diese ihre ungebrochene Ausdehnung fällt, während sie nach Süden zerteilt und zergliedert sind. Großartige Gebirgs- und Hochebenenbildungen, mächtige Ströme in großer Zahl, die größten Seen, die kontinentalsten Klimaformen bezeichnen diese größte Landansammlung.

Die Südländer sind von den Nordländern durch jene Reihe übereinstimmend gebauter, eigenartiger Mittelmeere getrennt, die wir oben, S. 267 f., kennen gelernt haben. Außerdem sind sie von ihnen durch ein höheres geologisches Alter und großenteils auch durch den Mangel junger Faltengebirge (vgl. das Kärtchen S. 243) und der damit Hand in Hand gehenden Gliederungen unterschieden.

Die Nordländer sind den Südländern überlegen an Flächenraum sowohl als auch durch Lage. Eurasien mit 54 und Nordamerika mit 24 Mill. qkm übertreffen Afrika (30), Südamerika (18) und Australien (9) um fast ein Drittel an Flächenraum. Noch wichtiger als dieses Größenverhältnis ist ihre zusammengedrängte Lage. Ihre Hauptmasse liegt nördlich vom nördlichen Wendekreis, sie sind dadurch einander nahegerückt, und da sie nach Norden zu sich verbreitern, schließen sie endlich nahezu den schon angedeuteten Ring um das Nördliche Eismeer. Tiefbegründete Ähnlichkeiten der erdgeschichtlichen Entwickelung und daher auch der Lebensformen zeigen, daß diese nachbarlichen Beziehungen keine völlig neue Erscheinung sind.

Alle Südländer sind insel- und halbinselarm; sie entbehren demnach auch der tiefen Buchten und Randmeere des Nordens und sind selbst an kleinen Gliederungen ärmer als die Nordfestländer.

Es ist möglich, daß es der Geologie gelingt, einen großen Gegensatz nord- und südhemisphärischer Entwickelung auf unserer Erde nachzuweisen. Geologische und biogeographische Anzeichen dafür fehlen nicht. So finden wir die archäischen Formationen auf der Nordhalbkugel so verteilt, daß wir ein durch mehr als hundert Längengerade sich erstreckendes archäisches Land auf der Nordhalbkugel und ein großes Meer südlich davon annehmen müssen. Am Ende der Karbonzeit scheint ein großer Kontinent Australien, Afrika und Südamerika auf dem Raume des heutigen Indischen und Atlantischen Ozeans verbunden zu haben, dem gegenüber im Norden Europa mit Nordamerika und Asien zusammenhing. Zwischen diesem Nord- und jenem Süderdteil zog ein schmaler Meeresarm, ungefähr in der Richtung der drei heutigen Mittelmeere. Am Ende der Jura- oder in der Kreidezeit ist Australien abgetrennt worden. Der Gegensatz der Nord- und Süderdteile blieb ausgesprochen stark, und schon aus dieser Zeit stammen die frühesten Zeugnisse einer gemeinsam südhemisphärischen Lebensentwickelung.

Anzeichen dafür, daß der Süden unserer Erde nicht immer aus weitgetrennten Festlandausläufern und Inseln bestand wie heute, sind in der Pflanzen- und Tierwelt der südhemisphärischen Länder und Inseln sehr verbreitet. Ob ein vollständiger antarktischer Landring einst den Südpol umgab, so wie später ein arktischer Landring den Nordpol, muß dahingestellt bleiben. Bis man ihn einst bestimmter nachgewiesen haben wird, nennen ihn einige bereits mit dem wohlklingenden Namen Notogäa (Südland). Nur zwei große Thatsachen stehen fest: es muß ein gemeinsames Ausstrahlungsgebiet südhemisphärischer Pflanzen und Tiere gegeben haben; und es müssen Brücken bestanden haben, auf denen Wanderungen von Landtieren zwischen den Ländern stattfanden, die heute durch das große Südmeer getrennt sind. Fraglich ist es nur, ob man sich diese Brücken als ein zusammenhängendes Südland, das sich weit polwärts erstreckte, oder als Verbindungen von der Art zu denken hat, wie sie im Indischen Ozean zwischen Südasien und Südafrika bestanden und insular noch bestehen.

Wenn auch der Sprachgebrauch die Erde in die östliche und westliche Halbkugel teilt und vielleicht mehr noch für die Einprägung dieser Zerteilung die beliebte Halbierung der Erde in den östlichen und westlichen Planigloben wirksam ist, so spricht doch kein natürliches Motiv für diese Sonderung. Sie ist zwar von der größten Bedeutung für die Verbreitung der Menschen über die Erde, in der Natur unseres Planeten ist sie aber weniger tief begründet. Gerade wegen des vorwiegend menschheitsgeschichtlichen Wertes der Unterscheidung der Ost- und Westerdteile sollte man die Grenze zwischen beiden mit Bedacht ziehen. Die menschheitsgeschichtlich altverbundenen Länder um das Stille Meer sollten auf Weltkarten durch den unzerschnittenen Stillen Ozean verbunden bleiben, die Grenze also in den Atlantischen Ozean gelegt werden, der die Grenze zwischen Ost- und Westvölkern der Erde und vermutlich die tiefste und älteste Völkergrenze überhaupt ist.

Arktis und Antarktis.

Unter allen Teilen der Erde sind Arktis und Antarktis nach Lage und Klima die einander ähnlichsten. Beide liegen um die Pole der Erde, beide sind längere Zeiträume hindurch der Sonne entrückt, während wieder in anderen Zeiten die Sonne an ihrem Horizonte nicht verschwindet.

Sie umschließen daher die kältesten Teile der Erde; Schnee, Firn und Eis bedecken einen großen Teil ihres Bodens. Die Kälte bringt die Meere in ihrem Umkreise zum Erstarren und macht sie zu Ausstrahlungspunkten gewaltiger Massen kalten Wassers und treibenden Eises. In ihre Küsten sind tiefe Fjordbuchten eingeschnitten, in welche Gletscher, Ausläufer vollkommen eisbedeckter Binnengebiete, herabsteigen. Ströme und große Seen fehlen. Die Lebensarmut ist sowohl in der geringen Zahl der Individuen als auch in der kleinen Auswahl der Formen und endlich in dem Mangel der großen Vegetationsformen der Wälder, Gebüsche, Wiesen, Steppen zu erkennen. Die Arktis ist menschenarm, die Antarktis jenseit der Südspitzen der Erdteile unbewohnt. Und jedes Polarland ist in seiner Lebewelt abhängig von dem nächsten subpolaren Lande: Grönlands Pflanzen sind vorwiegend amerikanisch, Spitzbergens skandinavisch.

In der Antarktis haben bisher die Forschungsreisen fast nur zu Schiff stattgefunden; deren äußerste Grenzen zeichnen also einige der hervortretendsten Punkte im Umriß der antarktischen Länder, sicherer aber jedenfalls das Vorhandensein schiffbarer Meeresteile vor und zwischen Inselreihen und Ländern:

Roß	78° 11′	161° 27′ westl. Länge	Februar 1842
Roß	78° 4′	173° östl. Länge	Februar 1841
Weddell	74° 15′	34° 17′ westl. Länge	Februar 1823
Borchgrevink	74°	171° 15′ östl. Länge	Januar 1895
De Gerlache	71° 36′	87° 39′ westl. Länge	Mai 1898
Roß	71° 30′	14° 57′ westl. Länge	März 1843
Cook	71° 15′	109° westl. Länge	Januar 1774
(?) Morell	71°	50° westl. Länge	März 1823.

Bellinghausen und Wilkes berührten den 70.° südl. Breite in 93, bez. 103° westl. Länge 1821 und 1839. Auf dem Eise wurden erreicht 78° 50′ durch Borchgrevink 1900. Doch entfernte man sich in diesem Falle nur eine kurze Strecke von der Küste.

Alle Inseln des südatlantischen, südpacifischen und südlichen Indischen Ozeans sind ganz oder großenteils aus vulkanischem Gestein aufgebaut; dasselbe gilt von den meisten Inseln und Küsten der Antarktis. Sogar die Untersuchung der gerollten Steine im Kropf südpolarer Seevögel, wie wir sie in einem geologischen Bericht McCormicks niedergelegt finden, hat vorwiegend Gesteine vulkanischen Ursprunges ergeben. Vulkane in Thätigkeit sind an mehreren Stellen der Antarktis beobachtet worden. Wenn wir nun auch nicht mit Bellinghausen vulkanische Wärme zur Erklärung eisfreier Stellen des Südlichen Eismeeres anführen dürfen, so wissen wir doch, daß vulkanische Thätigkeit sich mit Vorliebe an Senkungsgebiete bindet, und wir glauben schon darum, daß der angebliche Südpolarkontinent noch weiter eingeschränkt werden wird. Manche von seinen Umrissen ziehen so trügerisch zwischen dem Polarkreis und dem 70. Parallelkreis entlang, daß es schwer ist, nicht zu vermuten, es handle sich bei ihnen um nichts weiter als um klimatisch bedingte Packeisgrenzen.

Unter günstigeren klimatischen Bedingungen, wie sie in der Tertiärzeit auch in den Polargebieten geherrscht haben, konnten sich die Vorteile der polaren Lage in beiden Polargebieten anders geltend machen als heute. In den Eisströmen an der Meeresoberfläche und in den kalten Tiefenströmungen bewährt sich ja auch heute die ausstrahlende Macht dieser zentralen Stellung. Als aber ein reiches Leben die Stelle der jetzigen Eiswüsten einnahm, war diese Lage der Grund einer Überlegenheit in der Pflanzen- und Tierverbreitung, die für die Arktis von allen Biogeographen anerkannt ist. Heute verhüllt durch die Eis- und Firndecke, tritt sie uns entgegen, sobald wir einen Schritt in der Geschichte des Lebens auf der Erde zurückgehen. Da begegnen wir der natürlichen Begünstigung des zirkumpolaren ausstrahlenden Lebensgebietes,

wo auf allen Radien wesentlich dieselben Lebensbedingungen herrschen, unter denen die Wanderungen äquatorwärts nach allen Seiten sich vollziehen können.

Die beiden Polarregionen sind bei all diesen tiefen Übereinstimmungen doch schon für den ersten Blick dadurch mit bestimmten und nicht zufälligen Eigentümlichkeiten ausgestattet, daß sie in dem fundamentalen Merkmal der Verteilung von Land und Wasser die Eigenschaften der Erdhalbkugeln wiederholen, denen sie angehören. Auf der landreichen Nordhalbkugel ein von den größten Festländern umschlossenes Meer von nicht bedeutender Größe, in dem große Archipele und die größte Insel der Erde, Grönland mit 2,2 Mill. qkm, liegen; allgemeine Zunahme des Landes gegen den Nordpol zu, Maximum von 71,5 Prozent Land zwischen den Parallelen von 60 und 70. Auf der Südhalbkugel fluten dagegen 97 Prozent Meer zwischen denselben Parallelen. Die Möglichkeit einer größeren Landmasse in dem noch unbekannten Gebiete jenseit 70° südl. Breite besteht, ändert aber nichts an dem vorwiegend ozeanischen Charakter der Südhalbkugel in hohen Breiten und den entsprechenden Klimaverhältnissen. Daher auch die interessante Wiederholung des gleichen Polarklimas im Norden in kontinentaler Färbung und in vorwiegend ozeanischer im Süden.

Ein geschichtliches Element in der Unterscheidung der Erdteile.

Bedürfte es eines Beweises für die Innigkeit der Durchdringung unserer geographischen Vorstellungen mit menschlichen Beziehungen, so würde er in der anthropogeographischen Begründung der Erdteile zu finden sein. Für jeden der fünf Erdteile, die wir unterscheiden, liegt eine naturwissenschaftliche Auffassung im Streit mit einer geschichtlichen. Nicht Erwägungen morphologischer oder physikalischer Natur, sondern geschichtliche haben die Veranlassung gegeben, daß man Europa, Afrika und Asien unterschied. Sogar der Name Amerika drückt eine menschliche Beziehung aus, nicht minder Melanesien, dessen größte Insel, Neuguinea, Otto Finsch bezeichnenderweise wiederum nur aus Gründen der Rassenähnlichkeit zwischen afrikanischen und pacifischen Negern „die Schwester Afrikas“ genannt hat.

Die älteren Unterscheidungen, Europa, Afrika und Asien, stehen in einem engen Zusammenhange mit der Entwickelung des Erdbildes überhaupt. Es scheint ein reiner Zufall, daß unsere übliche Einteilung der Erde einen mediterranen Ursprung hat; am Nord-, Ost- und Südrand des Mittelmeeres lernten die Alten zuerst drei verschiedene Teile der Erde als Europa, Asia und Libya unterscheiden. Und doch ist darin so wenig Zufall, wie in der Entwickelung jener hohen Kultur im mittelmeerischen Gebiet, an deren wissenschaftlichem Ast auch die Knospe dieser Unterscheidung entsprungen ist. Die tief eingreifende natürliche Gliederung des insel- und halbinselreichen Mittelmeergebietes hat diese Sonderung erleichtert, die auch noch durch die ethnischen und geschichtlichen Unterschiede zwischen europäischen, asiatischen und afrikanischen Anwohnern begünstigt wurde. Und da dann auf asiatisch-europäischem Grenzgebiete die Erdkunde als Wissenschaft entstand, machte von hier aus die Dreiteilung des Landes der Erde als wissenschaftliche Annahme ihren Weg durch die Welt.

Von diesem Becken aus erweiterte sich bald der Gesichtskreis der Völker, welche die Wissenschaft schufen, nach allen Seiten hin, und Raum für Raum gliederten sich die neuentdeckten, fernerliegenden Länder an diese scharf hervortretenden Gegensätze im engsten geschichtlichen Horizonte an. So entstanden zunächst die Länder des Aufganges und Unterganges, oder, wie der mittelmeerische Schiffersmann von heute sagen würde, Levante und Ponente, eine Sonderung, die sich in Ἀνατολή, Anatolien, Anadoli, der mittelalterlich-griechischen und türkischen Bezeichnung

für Kleinasien wiederholt und durch die Sprachforscher in den ungriechischen Ursprüngen der Namen Asia und Europa wiedergefunden wird, die sie in den altassyrischen Worten açu (Aufgang) und ereb (Untergang) vermuten. Als Eigennamen verwendet und damit ihrer wahren Bedeutung entkleidet, erschienen später die Wörter Europa und Asia auch passend, um Gegensätze zwischen Nord- und Südländern zu bezeichnen, wie sie besonders in dem pontischen Gebiet hervortraten, wo man sich das Schwarze Meer, den Pontus Euxinus, durch den Phasis nach Osten verlängert dachte, wo dann Europa im Norden, Asien im Süden lag. Da aber für eine umfassende Betrachtung Europa doch immer Halbinsel Asiens bleibt, wird die Abgrenzung beider immer zweifelhaft sein. Nur Eurasien ist ein natürlicher Begriff, der keine künstliche Begrenzung nötig hat. Er bietet Raum genug für das Nebeneinander eines höchst individualisierten, bei aller Mannigfaltigkeit einheitlichen Körpers wie Europa mit einer Vereinigung verschiedener Welten wie Asien.

Das Uralgebirge ist als Ostgrenze Europas allmählich an die Stelle des Don getreten. Die Fortsetzung der Gebirgsgrenze im Obtschei-Syrt, die Pallas empfahl, hat sich nicht eingebürgert. Vielmehr ist die Grenze an den Uralfluß und dann an die Emba verlegt worden. Aber gegen die Abgrenzung der Festländer durch Flüsse muß man sich entschieden verwahren. Wenn uns Flußgrenzen schon für politische Gebiete zu künstlich sind, entsprechen sie zur Abgrenzung der größten natürlichen Einheiten wie Asien und Europa noch weniger unserem Ideal. Wir nehmen also den Kurafluß und Uralfluß nur an, wenn es sich um eine scharfe Abgrenzung, etwa zum Zweck von Messungen, handelt. Für allgemeine physikalische und anthropogeographische Betrachtung genügt es, die Grenze in die Depression nördlich vom Kaspischen See zu legen, diesen selbst und den Kaukasus Europa zuzurechnen.

Als drittes Glied fügte sich, den ursprünglichen Gegensatz von Osten und Westen wieder aufnehmend, bei Erweiterung der Kenntnisse nach Süden hin Afrika oder Libyen hinzu, das man durch den Nil, der den Phasis wiederholte, sich von Asien getrennt dachte. Noch des Hekatäus Werk war in die zwei Abschnitte Europa und Asien getrennt, wobei Ägypten und Libyen mit in Asien aufgenommen waren. So teilte auch noch Plato im Timäus. Noch das Mittelalter, auch hier vom Altertum abhängig, und zum Teil selbst noch die neuere Zeit haben an dieser Anschauung festgehalten. So sagt Johann Helfferich aus Leipzig in seinem „Bericht von der Reise“ von Alexandria: „Wenn man der gemeinen Regel nachrechnen will, daß der Nilus Asiam und Africam scheiden soll, so liegt diese Stadt mehr in Africa denn in Asia.“

Die Nord- und Nordostseite Asiens hatten die großen Seefahrten des 16. Jahrhunderts nicht entschleiert. Erst als die neue, westliche Welt ihren Platz auf der Weltkugel eingenommen hatte, trat auch die andere Weltinsel, die der Alten Welt, wieder mehr in den Vordergrund. Als durch die Entdeckungen Tasmans und Cooks Australien hinzugekommen, durch die Deschneffs und Berings Amerika auch im hohen Norden losgetrennt war, stand eine östliche Erdhälfte einer westlichen, eine landreiche einer landärmeren, die Alte der Neuen Welt mit gewaltigem Übergewichte gegenüber; dort 93, hier 42 Mill. qkm Land.

Dem Zeitalter der Entdeckungen hat sich in drei Richtungen der Blick auf neue Länder von besonderer Lage und Ausdehnung erschlossen. Im Westen tauchte ihm an Stelle der sagenhaften Atlantis die Neue Welt, Amerika, auf, im Norden die Arktis und im Süden das erst so mächtig große, Asien an Umfang in den Schatten stellende Antarktische oder Magellanische Land, die Terra Australis, das schon im 17. Jahrhundert Stück für Stück verliert, bis es einen vergleichsweise nur noch unbedeutenden Raum auf der südlichen Halbkugel einnimmt.

Amerika ist physisch die am klarsten abgesonderte Weltinsel, geschichtlich aber ist es sehr verschieden aufgefaßt worden. Wo man den Namen im 16. Jahrhundert gebraucht und nicht, wie Sebastian Münster, einfach von den „Neugefundenen Inseln“ spricht, beschränkt man ihn

gewöhnlich auf das Festland, während Westindien als Indien oder Antillischer Archipel für sich bleibt. Mercator unterschied in der Tabula Universalis Alte und Neue Welt und Terra Australis, während Ortelius im Theatrum Orbis Terrarum (1569) bereits Asia, Europa, Africa und America unterscheidet und einen fünften Erdteil in Aussicht stellt und damit der später üblichen Fünfteilung den Weg bahnt. Noch Hugo Grotius nennt in seiner „Dissertatio de origine Gentium Americanarum“ India Occidentalis gleichberechtigt neben America. Auch bei Johannes Neuhof und anderen Autoren nach 1650 begegnet man dieser Sonderung. Die Trennung Amerikas im Nordwesten von Asien ist bekanntlich erst 1741 durch Bering klargestellt worden. Aber noch nach den so ergebnisreichen Reisen dieses Forschers behauptete Campbell in seiner Ausgabe von Harris „Voyages“, nichts könne klarer sein als die Behauptung, daß Berings Entdeckung einer Meeresstraße im äußersten Nordosten von Asien keineswegs die Annahme beweise, daß das von ihm berührte Land ein großes Festland und damit ein Teil von Nordamerika sei. Um die erdgeschichtliche Selbständigkeit der beiden Hälften Amerikas auch in der Benennung hervortreten zu lassen, hat schon Zeune 1811 vorgeschlagen, den südöstlichen Teil Südamerika zu nennen „oder besser Ameriga schlechtweg, da Amerigo diesen Teil wirklich entdeckt hat“, und den nordwestlichen Teil Nordamerika „oder gerechter Colombia, da Colombo diese Hälfte zuerst gefunden hat“. Diese Zweiteilung ist von Späteren aufgenommen worden, hat sich aber nicht eingebürgert. Die natürlichen und geschichtlichen Gründe für die Einheit Amerikas sind bei genauerer Kenntnis des Erdteiles doch nur stärker geworden.

Während andere Teile der Erde Entdeckung für Entdeckung langsam herangewachsen sind, ist Australien das Erzeugnis eines großen Einschrumpfungsprozesses. Einst galten Australien, Neuseeland, Feuerland und Kerguelen als die nördlichen Vorsprünge eines großen Australlandes, und als dieses durch jede Südmeerfahrt seit Tasmans großem Vorgange weiter eingeschränkt wurde, spiegelten Eisränder ein großes Australland vor, das durch die Südpolfahrten des 20. Jahrhunderts noch weiter zurückgedrängt werden wird. Von dem, was wir heute Australien nennen, war ein großer Teil der Umrisse seit Tasmans großer Entdeckungsfahrt von 1641 bekannt. Doch blieben noch viele Lücken; und ob man hier ein Festland oder einen Archipel habe, galt für zweifelhaft. Nur als Möglichkeit sprach Kant in seiner Arbeit „Einige Anmerkungen zur Erläuterung der Theorie der Winde“ von einem Australkontinent, um den Nordwestwind des Südsommers im östlichen Indischen Ozean zu erklären. Erst 1770 ist die schon 1605 durch Torres entdeckte Abtrennung Australiens von Neuguinea durch die allerdings nicht über 50 m tiefe Torresstraße durch Cook für die Wissenschaft wiedergefunden, und 1799 die Inselnatur Tasmaniens bewiesen worden.

Dem Zusammenwerfen Australiens mit Polynesien, des geschlossensten Festlandes mit den zerstreutesten Inseln, muß man nicht bloß aus physischen, ethnischen und rein logischen Gründen widersprechen. Es ist auch historisch nicht gerechtfertigt. Die Entdecker Australiens haben dem Lande besondere Namen gegeben, gerade weil sie es von den anderen Inseln des Stillen Ozeans trennen wollten. Und in diesem Sinne hat besonders Matthews Flinders den Namen Australien wieder vorgeschlagen. Nie sind die Gründe für die Neubenennung eines Erdteiles besonnener erwogen worden. Flinders' Auffassung von Australien verdient daher ebenso besonnen von uns erwogen zu werden.

Abel Tasman hatte Neuholland nur die Nordwestküste Australiens genannt. Die Entdeckung Tasmaniens ist zwar einer seiner größten Ruhmestitel, aber die Zugehörigkeit Tasmaniens zu seinem Neuholland nahm er nicht an. Mit Recht sagt daher der um die Erforschung der Küste Australiens hochverdiente

Matthews Flinders in der geschichtlichen Einleitung zum ersten Bande seines Reiseberichts von 1814: „Es ist im Interesse geographischer Schärfe des Ausdrucks notwendig, daß, sobald man wußte, daß Neuholland und Neusüdwales ein Land bilden, auch ein für beide gemeinsam anwendbarer Name vorhanden sein solle; und nachdem dieser wesentliche Punkt in der vorliegenden Reise mit einem Grade von Sicherheit festgestellt ist, der die Anwendung dieser Maßregel rechtfertigt, habe ich unter Einholung der Meinung von Autoritäten die Wiederaufnahme des ursprünglichen Terra Australis gewagt. Es spricht keine Wahrscheinlichkeit dafür", fährt er fort, „daß ein freies (detached) Land von ähnlicher Ausdehnung in südlichen Breiten gefunden werden wird, so daß der Name Terra Australis als Bezeichnung der geographischen Wichtigkeit und Lage dieses Landes bestehen bleiben wird." Erst nach Flinders ist der kürzere Name Australia gebildet worden, er selbst hatte es ausdrücklich abgelehnt, von dem geschichtlichen Namen Terra Australis abzugehen.

Ahnungen von Gesetzmäßigkeiten in den großen Umrissen der Länder und Meere.

In der vergleichenden Anatomie gebraucht man das Wort homolog zur Bezeichnung von organischen Bildungen von übereinstimmender Anlage und Entstehung; nur äußerlich und dem Zwecke nach Ähnliches nennt man analog. Der Arm des Menschen, der Vorderfuß des Pferdes, der Flügel des Adlers sind homolog. Analog sind dagegen die Füße eines Säugetieres und die Füße eines Käfers; sie sind äußerlich ähnlich, dienen gleichen Zwecken, sind aber von grundverschiedener Entstehung. Überblickt man die Metamorphosen in der organischen Welt, dann kann man auch sagen: Homologe Formen gehen ineinander über, analoge bleiben immer getrennt. Aus einer Haifischflosse konnte ein Pferdefuß, niemals aber eines von beiden aus dem Bein eines Käfers oder der Schere eines Krebses entstehen. Dagegen konnten Käferbein und Krebsschere als ineinander übergehende Formen gedacht werden, weil sie homolog sind.

Nachdem schon Karl Ritter die Aufgaben der vergleichenden Anatomie denen der vergleichenden Geographie gegenüber gestellt hatte, war es der Zoolog Agassiz, der den Ausdruck „geographische Homologien" aufbrachte, und Oskar Peschel hat 1867 darüber einen Aufsatz geschrieben, den man noch heute mit Interesse lesen kann. Peschel geht aus von der Gleichgestalt der drei hintereinander liegenden Inseln Borneo, Celebes und Dschilolo (oder Halmahera). Er sieht in Celebes ein abgemagertes Borneo, „das morsche Gerüst eines uralten Stück Erdbodens", und in Dschilolo ein verkleinertes, noch weiter reduziertes Celebes. Derartige Wiederkehr ähnlicher Gestalten ist nun gerade bei Inseln etwas ungemein Häufiges. Ein Blick auf die Karte des Ägäischen Meeres zeigt z. B. die öfter zu beobachtende Wiederkehr von halbmond- und hufeisenförmigen Inseln. Koralleninseln sind gern ringförmig, Düneninseln schmal und langgestreckt. Diese Ähnlichkeiten liegen in der Entstehungsweise und im Material begründet. Was aber die von Peschel zum Vergleich herangezogenen Inseln anbelangt, so hat die genaue Untersuchung ihres Baues seine Voraussetzung nicht bestätigt, daß sie nach demselben Grundplan entstanden seien. Sie sind vielmehr von ganz verschiedener Bildung, und nur zufällig zeigen sie gewisse Ähnlichkeiten. Man könnte sie höchstens analog nennen, doch wäre es dann schon klarer, sie einfach als ähnlich zu bezeichnen. Wiederholung ist nun einmal das Grundgesetz der Erdoberflächenbildung. Die gleichen Kräfte, über weite Gebiete hinwirkend, unter örtlicher Brechung und Zerteilung, schaffen gleiche Formen. Das gesellige Auftreten von Gebirgsfalten, Einbrüchen, Vulkanausbrüchen, Bodenschwankungen, Thalbildungen, Anschwemmungen, Riffbauten, Brandungswirkungen ist die Ursache von Faltengebirgen, Bruchgebieten, Vulkanreihen, Fjord-, Schären-, Strandlinienküsten, Nehrungen, Deltas, Insel- und Klippengruppen. Vorderindien löst sich aus dem Verband des alten Gondwanalandes, dasselbe thun Südafrika und Madagaskar und kleinere Inseln; Vorderindien wird an Eurasien angegliedert, das Gleiche geschieht auch mit

Kutsch und Kathiawar. Von der Balkanhalbinsel wird nicht bloß der Peloponnes abgegliedert, sondern auch die Chalkidike und der thracische Chersones. Von der schwedisch-finnischen Küste werden nicht einige Inseln abgelöst, sondern Zehntausende.

Es liegt aber auch ein großer logischer Unterschied in der Methode der vergleichenden Anatomie und der Ritter-Peschelschen Ländervergleichung. Jene geht von inneren Übereinstimmungen aus, die gar nichts mit äußeren Ähnlichkeiten zu thun haben, diese von äußeren Ähnlichkeiten, die vielleicht gar nichts mit inneren Übereinstimmungen zu thun haben. Die Nachweise der Ähnlichkeiten im Bau abweichendster Organe gehören zu den Triumphen der Deduktion — wer dächte nicht an Goethes „Metamorphose der Pflanze"? — während Peschels Homologie Borneo-Celebes-Halmahera großenteils auf unvollständigen Induktionen beruhte. Die äußere Ähnlichkeit ist ebensowohl bei den Ländern wie bei den Pflanzen und Tieren unwesentlich im Vergleich mit der Ähnlichkeit höheren Grades, die durch die Übereinstimmung des Grundbaues bedingt wird. Die äußere Ähnlichkeit kann uns auf eine innere Übereinstimmung hinführen, die vielleicht zu Grunde liegt; sie ist aber dann nur ein Symptom davon, und als Symptom sollte sie auch aufgefaßt werden.

Die Betrachtung der Umrisse kann zu klaren Erkenntnissen nur gelangen, wenn sie auch die Stoffe vergleicht, die in Frage kommen. Man ist in grausame Irrtümer verfallen, indem man ohne geologische Prüfung Berge, die an der Spitze Einsenkungen tragen, als Vulkane, Küsten, deren Umrisse zerfranst sind, als Fjordküsten ansprach. Für den Geographen ist es besonders gefährlich, diese Formen nur auf der Karte zu studieren. Es ist eine sehr anregende Beschäftigung, auf der Karte die Formen der Erdoberfläche miteinander zu vergleichen; man darf aber darüber niemals vergessen, daß die Oberfläche der geographischen Erscheinungen nur eine von mehreren Seiten ist, die sie darbieten. Sie ist nur Umrißform und Fassade. Wir können und dürfen ein Haus nicht nach der Seite beurteilen, die es uns zukehrt, wir müssen auch seine Tiefe und sein Inneres kennen lernen. Eine Physiognomie nur nach der Silhouette zu beurteilen, ist Spielerei. Die Ähnlichkeit Italiens und Neuseelands ist in einigen Beziehungen überraschend, und es kann vielleicht eines Tages eine tiefere Ähnlichkeit zwischen der Entstehung beider Länder nachgewiesen werden, wie sie schon in ihren vulkanischen Symptomen besteht. Dagegen legen wir z. B. keinen Wert auf die Wiederkehr dreizähliger Halbinseln in den drei so verschieden gebauten Erdteilen Asien, Europa und Nordamerika, die Reclus hervorgehoben hat:

Arabien, Vorderindien, Hinterindien,
Pyrenäen-, Apenninen-, Balkanhalbinsel,
Kalifornien, Mittelamerika (verkümmert), Florida.

Für noch weniger fruchtbar halten wir den Versuch, Ähnlichkeiten der Festlandumrisse durch willkürliche Verschiebungen zu steigern, also z. B. Eurasien so zu drehen, daß seine Ostseite zur Nordseite eines Festlandpaares Eurasien-Afrika wird, das dann in der That merkwürdige Ähnlichkeiten mit dem Festlandpaar Amerika zeigt (Theodor Fuchs). Das kann höchstens unsere Überzeugung bestärken, daß es noch mehr gleichlaufende Umrißlinien und ähnlich gelegene Punkte auf der Erde gibt, als die *gesetzliche Lage der Länder* uns zeigt. Aber dazu bedurfte es doch eigentlich keiner so gewagten Umstellung.

Aber auf der anderen Seite glauben wir auch zeigen zu können, daß es durchaus nicht der Wahrheit entspräche, die Verteilung der Länder und Meere über die Erde launenhaft zu nennen, wie es noch Lyell that. Wir meinen, daß diese Auffassung kurzsichtig wäre und den Weg zu wichtigen Erkenntnissen verschlösse. Wir brauchen ja nur an das im vorigen Abschnitt über Vulkane und Gebirge Gesagte zu erinnern, die uns als der Ausdruck großer Bildungsgesetze der Erdoberfläche erschienen.

Die Ähnlichkeiten in den großen Zügen der Erdoberfläche.

Es gibt Erdformen, die als die Wirkung bekannter Kräfte überall auf der Erde als dieselben wiederkehren, und es gibt Regelmäßigkeiten der Gestalt und Lage an der Erdoberfläche, die man, weil sie sich häufig wiederfinden, gesetzlich nennt, ohne die Kräfte bezeichnen zu können, durch die sie bewirkt werden. Die Vulkane tragen bestimmte Formen über die ganze Erde hin, ebenso die Dünen, die Wasserrinnen und vieles andere, dessen bewirkende Ursachen wir genau kennen. Wir wundern uns nicht, daß der antarktische Vulkan Terror dieselbe flache Kegelform

DAS OSTKAP (Kap Deschneff).

hat wie der Ätna, und daß das Delta des Athabascaflusses dem des Niger ähnlich ist. Bei solchen Ähnlichkeiten wollen wir jetzt nicht verweilen; wir werden sie noch oft auf unseren Wegen antreffen. Wenden wir uns vielmehr größeren Ähnlichkeiten zu, die weniger selbstverständlich sind.

Wir finden auf der Erde ungemein oft südwestlich-nordöstlich streichende Gebirgszüge und andere Gebirgszüge, die rechtwinkelig auf sie gerichtet sind. Sie kommen in allen Teilen der Erde vor, und wir erkennen allenthalben deutlich ihre Übereinstimmungen, messen sie sogar, aber wir vermögen nicht, ihren Grund anzugeben. Wir begegnen auch ihren Wirkungen, denn solche Regelmäßigkeiten bleiben nie allein. Sie zwingen Flüsse, ihren Richtungen zu folgen, Seenketten wiederholen ihren Parallelismus, selbst Verkehrswegen werden durch sie ganz bestimmte Richtungen aufgezwungen. Wir finden Festlandumrisse, besonders deutlich in Amerika, welche



Die Beringstraße. Nach der englischen Admiralitätskarte.

die gleichen Richtungen wiederholen. Die Übereinstimmungen bleiben also nicht bei Einzelheiten stehen, sie ziehen die Ähnlichkeit weiter Gebiete nach sich. Wir haben den Eindruck, daß alle die drei Mittelmeergebiete, daß Grönland und Skandinavien, daß vielleicht sogar die drei Südfestländer und die drei Nordfestländer je untereinander in diesem Sinne Homologien zeigen. Besonders merkwürdig ist der Fall, wo die ähnlichen Formen nebeneinander oder einander gegenüber liegen. Sehr oft stimmen Halbinseln und Inseln, die ein Erzeugnis desselben Bildungsprozesses sind, in den Eigenschaften überein, die auf diese Bildung zurückführen. Die Tschuktschenhalbinsel und die Yukonhalbinsel sind einander zunächst in der Lage und in der allgemeinen Gestalt ähnlich. Ihr Aufbau beweist, daß sie aus demselben Stoff geschnitten sind. Sogar einzelne Bestandteile stimmen überein, so die nach Norden geöffneten Buchten Koljutschin und Kotzebuesund und die einander gegenüberliegenden Anadyrbucht und Nortonsund, ferner die kleineren Halbinseln, die das Ostkap oder Kap Deschneff (s. die beigeheftete farbige Tafel „Das Ostkap") und das Prinz von Wales-Kap tragen. Wir haben demnach in der Beringstraße eine Meeresstraße vor uns, an deren Bildung die von zwei Seiten her arbeitende Brandung thätig war, die demnach auf beiden Seiten von einander ähnlichen Landbildungen, Hälften des durchbrochenen Landes, umgeben wird (s. die obenstehende Karte).

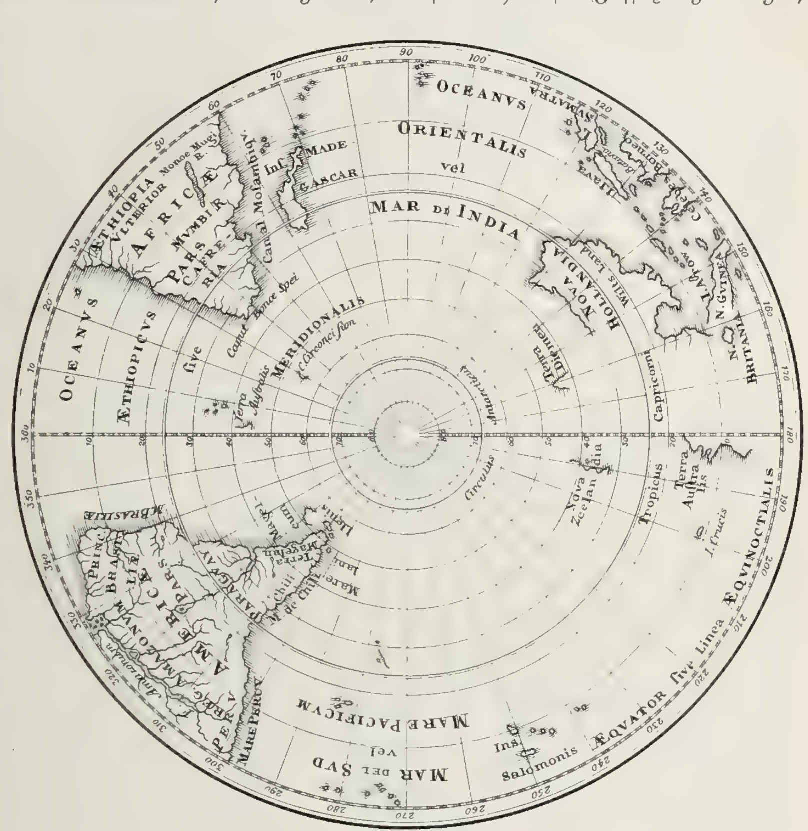
Zu diesen Ähnlichkeiten liefern besonders die Mittelmeere reichliche Beiträge: der Peloponnes und die Chalkidike, der äußere Inselrand des Antillenmeeres und der Sundasee, wo sehr klar die Richtung von Sumatra in den Nias- und Mentawei-Inseln, in der Reihe Riouw-Banka-Biliton-Karimun-Djawa, endlich noch einmal in Malakka wiederkehrt. Aber das schönste Beispiel bieten offenbar die ostasiatischen Inselguirlanden der Aleuten, Kurilen, Japans, der Liukiu-Inseln, der Philippinen und Borneos.

Am größten und folgenreichsten sind aber die Homologien der Erdteile. Schon in den größten Zügen der Verteilung des Landes über die Erde liegt die Ähnlichkeit der Nordländer untereinander, die nach Norden verschoben und verbreitert sind, und die Ähnlichkeit der Südländer untereinander, die alle viel weniger weit nach Süden ragen, schmäler nach Süden zugespitzt sind. Zwischen den drei nördlichen und drei südlichen Landmassen finden wir die drei Mittelmeere auf einem Halbkreise, dessen andere Hälfte im Stillen Ozean liegt; der Mittelpunkt dieses Kreises aber fällt südlich von der Beringstraße. Wir haben also einen nördlichen Landgürtel, einen Halbgürtel der Mittelmeere und einen der Südfestländer. Die Reihe der Mittelmeere wird durch Gebiete vulkanischer Thätigkeit und Senkungsgebiete im mittleren Atlantischen und Stillen Ozean fortgesetzt. Daß Südamerika und Australien südöstlich von ihren Nordländern liegen, ist ein eigentümliches Zusammentreffen; solange aber diese beiden Thatsachen allein stehen, können wir nicht mit Lapparent den Eindruck einer Drehung der Nord- und der Südländer im Sinne der Erdbewegung davon gewinnen.


Kap Point am Kap der Guten Hoffnung. Nach Carl Chun. Vgl. Text, S. 281.

Die Norderdteile sind reicher gegliedert als die Süderdteile. Die Süderdteile sind arm an Halbinseln und Inseln. Nur in Australien kann man das Kap York-Land und Nordaustralien als Halbinseln auffassen. Eurasien hat die Skandinavische, Iberische, Apenninische und Balkanhalbinsel, die Samojedenhalbinsel, Kamtschatka, Korea, Malakka, Vorderindien, Arabien, Kleinasien, Nordamerika hat Labrador, Florida, Yukatan und Kalifornien. Das sind 16 Halbinseln in den nördlichen gegen zwei in den südlichen Erdteilen. Es fällt weiter auf, daß von diesen Halbinseln elf nach Süden und fünf nach Norden gerichtet sind, und daß die nach Süden hervortretenden in das freie Meer hinausragen, während die nach Norden gerichteten von inneren Meeren umgeben sind. Zwischen den Halbinseln Asiens und Europas zeigt sich dabei eine Größenentwickelung im Verhältnis zur Größe ihrer Erdteile. Die schon früher beobachtete Zuspitzung der drei Süderdteile nach Süden zu hat zuerst Reinhold Forster eingehend und im

Zusammenhange dargestellt, indem er darauf hinwies, wie die schmalen Südspitzen der Kontinente felsig und hoch sind als die äußersten Enden von Gebirgszügen, die hier plötzlich abbrechen (s. die Abbildung, S. 280). Er nannte Kap Hoorn, den Tafelberg, das Kap Comorin, das felsige Südostkap von Tasmania. Man erinnere sich, daß zu seiner Zeit die Weltkarten stärkere Zuspitzungen der Südländer zeichneten, als in der Natur begründet war (vgl. das untenstehende Kärtchen). Er machte dann weiter darauf aufmerksam, wie größere Inseln an der Ostseite (die Falklandsinseln und Staaten-Eiland, Madagaskar, Neuseeland) dieser Zuspitzungen liegen, während große Meerbusen an der Westseite sich öffnen (Bucht von Arica, Meerbusen von Guinea, Busen von Kambay, die Große Australbucht). Daß eine von Südwesten nach Nordosten brausende Flut vorausgesetzt wurde, welche die Südgebirge zerschellte, im Osten die Inseln abriß und beim Anprallen die Buchten im Südwesten aushöhlte, hat der sorgfältigen Aufzählung dieser Ähnlichkeiten bei Reinhold Forster viel von ihrem Werte genommen. Auch Pallas hatte sich zu der großen Südflut bekannt. Es ist wohl großenteils der Hinfälligkeit dieses verfrühten Erklärungsversuches zuzuschreiben, daß diese Ähnlichkeiten des Erdbaues später weniger berücksichtigt und in den meisten Werken über Geologie und Geographie endlich nur noch beiläufig erwähnt wurden.



Die südliche Halbkugel. Nach Johann Baptist Homanns Atlas.

Es kam hinzu, daß man mit dem Fortschritt der Kenntnis des Baues der Erdteile und der Tiefen des Meeres erkennen mußte, wie zufällig die Grenzen zwischen Land und Meer in jedem erdgeschichtlichen Momente sind, wie die Verwandlung eines seichten Meeres in trockenes Land in verhältnismäßig kurzer Zeit den Umriß eines Erdteiles verändern kann. Auf Landumrisse allein Schlüsse zu bauen, welche die Bildungsgeschichte der ganzen Erde umfassen, erscheint uns daher heute ganz unerlaubt. Die Verschmälerung der Südteile nach Süden zu wollen wir

zunächst nur als den Ausdruck des Übergewichtes des Meeres über das Land in den gemäßigten Breiten der südlichen Halbkugel annehmen, die Verbreiterung der Norderdteile nach Norden zu als den Ausdruck des Übergewichtes des Landes auf der Nordhalbkugel. Und wenn wir in einer so großen Anzahl von Fällen nordwärts eingreifende Buchten und Randmeere Festländern und Halbinseln eine nach Süden keilförmig zugespitzte Form verleihen sehen, denken wir an von Süden her wirkende Kräfte, die mit Bruch und Senkung eindrangen, die aber dann im Inneren der Länder ebenso ausgesprochen vorkommen müssen wie im Äußeren.

Ob wir in der mittleren Einsenkung, die in Australien vom Golfe von Carpentaria bis zum südaustralischen Seengebiete zieht, eine Ähnlichkeit mit den in ähnlicher Weise Nord- und Südamerika teilenden Senken des Mississippi- und des La Plata-Systems sehen dürfen, bleibe dahingestellt.

Diesem Gegensatze zwischen den Süd- und Nordseiten der Süd- und Nordfestländer tritt eine Übereinstimmung zur Seite, die wichtiger zu sein scheint: die Auflösung der einen wie der anderen an ihren polwärts gekehrten Seiten in Halbinseln und Inseln. Damit hängt die Trennung der Festländer von den beiden Polargebieten und die Ausbildung eines Festlandgürtels in den heißen und gemäßigten Zonen der Erde zusammen, dem Arktis und Antarktis als selbständige zirkumpolare Inselwelten der Eismeere gegenüberliegen.

Von der Arktis wissen wir heute, daß sie kein großes Land mehr birgt. Die neueren Forschungen haben nur die Größe der Meeresflächen deutlicher hervortreten und die Zahl der Inseln anwachsen lassen. Payer und Weyprecht hatten in Franz Josefs-Land einige große Länder gesehen, die sich neuerdings in zahlreiche kleinere Inseln aufgelöst haben; das Land nordwestlich von Grönland hat sich in Grant- und Grinnell-Land getrennt, und nach Von Tolls Vermutung liegen noch unbekannte Inseln nördlich von dem Neusibirischen Archipel. Der heutige Umriß der Antarktis dürfte durch neue Vorstöße zurückgedrängt und höchstens ein antarktisches Australien oder einige Grönlande gefunden werden.

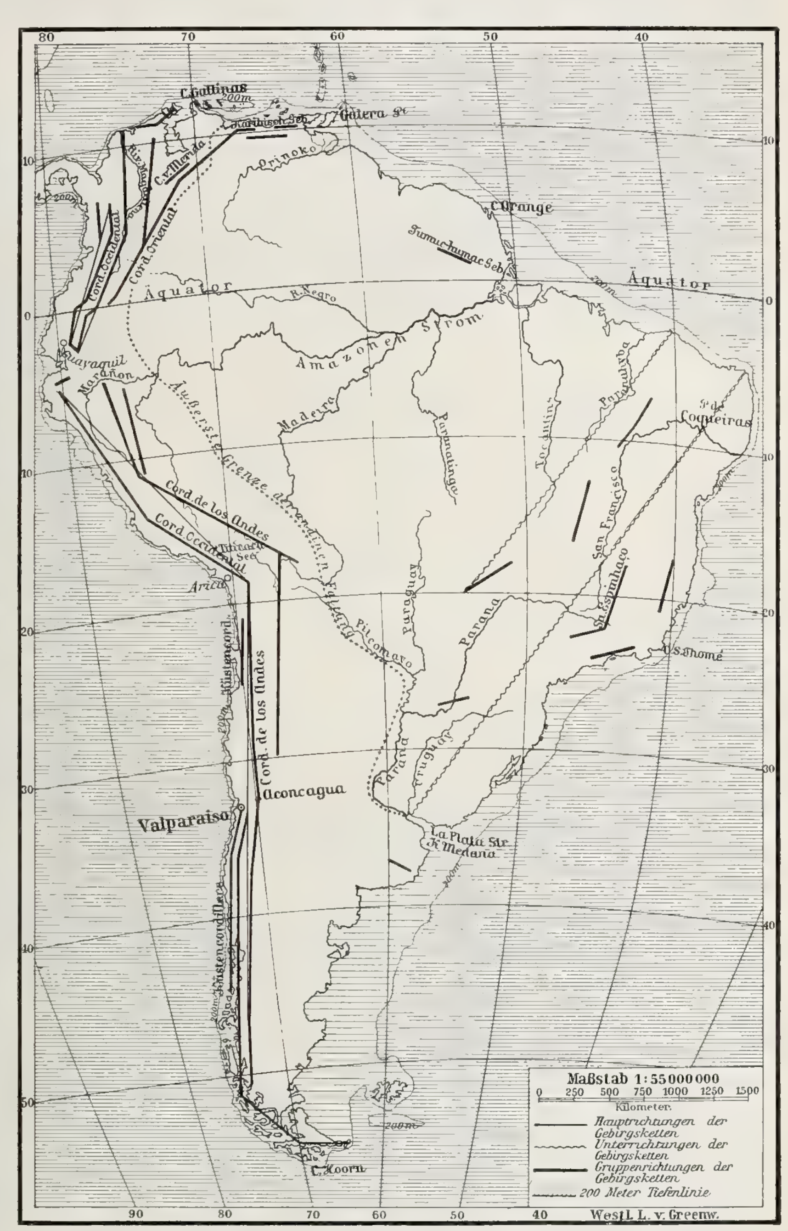
So fügen sich also den zwei Landreihen im Norden und Süden und dem Gürtel der Mittelmeere zwischen ihnen zwei Meeresgürtel im Norden und Süden an, aus denen sich die Polarländer erheben. Das sind also im Norden und Süden des Mittelmeergürtels Festländer, Meer und Polarinseln in spiegelbildlicher Wiederkehr auf beiden Halbkugeln.

Die Zerteilung und Auflösung des inneren Zusammenhanges der Landmassen gegen die beiden Pole hin tritt nicht bloß in den großen Zügen hervor. Sie zeigt sich auch in manchen Einzelheiten, die unter diesem Gesichtspunkte sich einer größeren Auffassung einreihen lassen. Der Zunahme der Insularität von den inselreichen mittelmeerischen Räumen an nach Norden und Süden zu geht die der Peninsularität zur Seite. Nach Süden und nach Norden sind daher in Europa, Asien und Nordamerika die größten und zahlreichsten Halbinseln gerichtet. Die in niederen Breiten massigen Festländer Südamerika und Australien sind an ihren polwärts gekehrten Südseiten von Inseln umlagert und zeigen an denselben eine reichere Gliederung als in ihrem ganzen übrigen Verlauf. Ähnlich Nordamerika. Dieselbe reiche Gliederung, die sich in gedrängten Inselgruppen, Halbinseln, Fjordküsten, Fjordstraßen zeigt, kehrt dann in den arktischen, allen Festlandzusammenhang auflösend, und antarktischen Ländern wieder.

Parallelrichtungen in Festländern und Inselreihen.

Wenn wir die Umrißlinien Nordamerikas und Südamerikas betrachten, so tritt uns eine Reihe von Parallelrichtungen entgegen, die zum Teil sehr ausgedehnt sind (s. die Karte, S. 283). Wir sehen Linien, die uns auffallen durch die Beständigkeit, mit der sie in einer Richtung ziehen, und außerdem durch ihr Gleichlaufen mit anderen, die ebenso beständig sind. Der nordwestlich-südöstliche Verlauf der Nordränder beider Länder ist am auffallendsten. Dieselbe Richtung tritt dann an der Westküste Nordamerikas, an der Nordwestküste Südamerikas, in Mittelamerika, den

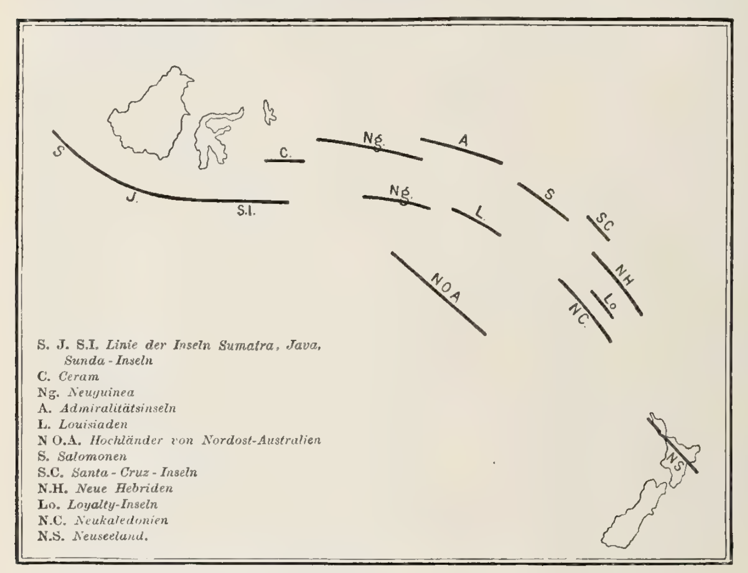
Westindischen Inseln, an der Südwestküste der Hudsonsbai auf. Die entgegengesetzte Richtung Südwest-Nordost herrscht an der Ostküste Nordamerikas von der Wurzel Floridas bis Kap Charles, an der Ostküste von Yukatan, an der Ostküste Südamerikas von Kap San Roque südwärts und einigermaßen noch an der Ostküste Südamerikas von Südperu südwärts. Fast rein westöstlich zieht nur die Nordküste des Mexikanischen Meerbusens und eine kleine Strecke der Nordküste von Südamerika. Die Ostküste Asiens und die Ostküste Nordamerikas, die Nordostküste und Südwestküste Afrikas sind weitere Beispiele von Parallelismus größerer Strecken in der Umgrenzung der Kontinente. Aus dem Zusammentreffen solcher Gleichrichtungen entsteht der rhombische Umriß des Stillen Ozeans: das größte Beispiel einer regelmäßigen Erdform. Gar nicht zu nennen sind alle die kleineren Parallelstrecken, wie sie die Küsten und Inseln des Adriatischen Meeres, von Schottland, Wales und Irland, besonders aber die Inselketten des Stillen Ozeans zeigen. Eigentliche Inselrechtecke sind überhaupt häufig in den Bruchgebieten. Auch in dem größten, durch randliche Abbrüche entstandenen Fragment Afrika ist etwas, das an diese



Parallelrichtungen in Südamerika. Nach Th. Arldt. Vgl. Text, S. 282.

Gestalten erinnert. Die Inselguirlanden am Ostrande Asiens, die Inselketten Mikronesiens, Neukaledonien und die Nachbarinseln sind weitere Beispiele übereinstimmender Richtungen, die im westlichen Teile des zentralen Stillen Ozeans auch die Formen des Meeresbodens beherrschen (s. das untenstehende Kärtchen und das auf S. 285).

Die Inselbogen Ostasiens hängen nicht vereinzelt vor den Küsten, sondern das östliche Asien ist vom Südrande von Jünnan bis zur Tschuktschen-Halbinsel in einer Länge von 44 Breitengraden von zusammenhängenden bogenförmigen Abfällen von Landstufen durchzogen, deren Richtung, Form und Bau übereinstimmen. Einige stehen allein, andere wiederholen sich in Parallelbrüchen. In ihrer Gesamtheit bilden sie eine zusammenhängende Kette von Stufen zwischen einem höheren Abschnitt im Westen und einem östlichen, abgesunkenen Streifen. Im Süden sind es die Höhen des sinischen Systems, sonst als Gebirge zusammengefaßt, nördlich von 40° nördl. Breite das streckenweis rein meridionale Gebirge Khinghan, das wahrscheinlich nur eine Stufe zwischen der tiefer liegenden Mandschurei und dem darüber sich erhebenden Hochlande der Mongolei ist. Weiter im Norden ist zwar der Bodenbau des Landes nördlich vom Amur nur unvollkommen bekannt, aber die Grundzüge des Daurischen und Aldan-Gebirges, des eigentlichen Stanowoji und des Kolyma- und Anadyr-Gebirges wiederholen den Steilrand eines zum Stillen Ozean sich abdachenden Hochlandes, wie im Süden.



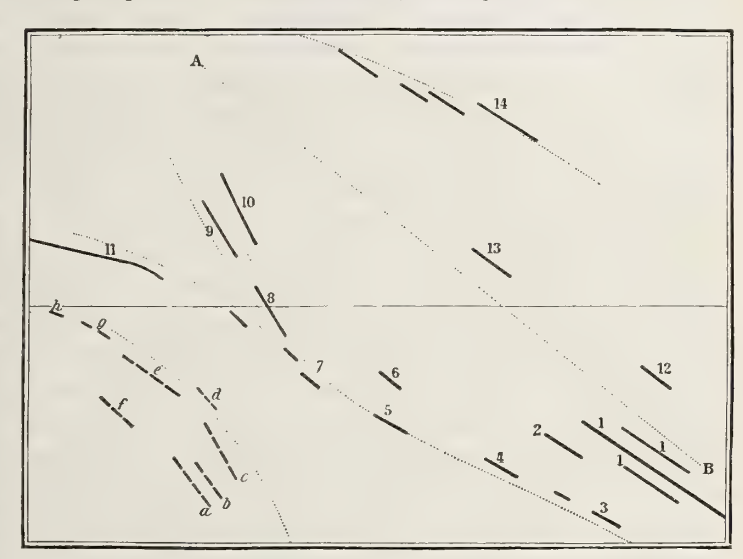
Parallelrichtungen im austral-asiatischen Inselbogen. Nach James Dwight Dana.

Ich möchte besonders hervorheben, über wie weite Gebiete solche Ähnlichkeiten sich erstrecken: der mehrfache Bogen der Banda-Inseln kehrt in teilweise völlig übereinstimmenden Formen in den Kleinen Antillen und den Liukiu-Inseln wieder. Das sind offenbar Parallelrichtungen, die tiefer im Erdbau begründet sind. Gehören sie doch nicht bloß den Landumrissen an, sondern setzen sich in die Tiefe des Meeres fort. Den Inselreihen entsprechen dort gleichgerichtete Fundamente. So entsprechen den gleichgestalteten Küstenabbrüchen an der spanischen Küste gleiche Formen des Bodens in beträchtlichen Meerestiefen. Am Ostende des Mittelmeeres sehen wir gleichgerichtete Linien vom Nordostufer des Pontus an bis zum Südufer des Kaspischen Sees, und sie kehren im Kaukasus und im Strome Kur wieder. Wir dürfen annehmen, daß es Wirkungen derselben Kraft sind, die miteinander verglichen werden können. Doch muß man immer beachten, daß auch der Zufall in entfernten Gebieten von ganz verschiedenem Bau gleiche Umrisse bewirken könnte, deren Vergleich dann natürlich keinen Wert hätte. Ob es z. B. fruchtbar ist, den Rudolfsee und die Küste von Tunis zu parallelisieren, einen Umriß des ostafrikanischen Grabenlandes mit einem des Mittelmeergebietes?

Wir kommen damit auf den tieferen Unterschied der Grenzzonen zwischen Land und Meer zurück, in dem eine ernste Warnung liegt, die Vergleichung der Erdformen nicht zu weit zu führen. Wo eine Steilküste den Küstenumriß bildet, mag sich der Stand des Meeres um Hunderte von Metern verschieben,

ohne daß die Form des Landes sich ändert; wo Flachküste ist, genügt ein Sinken oder Steigen um 10 oder 20 m, um die Landformen gänzlich umzugestalten. Selbst scheinbar große Ähnlichkeiten, wie die zwischen den Südspitzen der drei Süderdteile, verlieren unter dieser Voraussetzung etwas von ihrer Bedeutung. Südafrika würde beim Steigen des Meeres um einige Hundert Meter dasselbe bleiben, Südamerika würde von Osten, Australien von Westen her beträchtlich eingeschränkt werden. Man muß also immer den Abfall der Kontinente und die benachbarten Meerestiefen bei solchen Vergleichen mit in Betracht ziehen.

Die jeweiligen Umrißformen der Länder und Inseln sind die Querschnitte durch die Fundamente, denen jene entsteigen. Alle diese Querschnitte sind bei demselben Niveau, im Spiegel des Meeres, hindurchgelegt. Wo sie ein Land treffen, und was sie von einem Lande abschneiden, das hängt von der Lage dieses Landes über dem Meeresspiegel ab. Daher kommt es, daß in dem Querschnitt durch ein hohes Land die Züge des tiefsten Baues erscheinen, während in dem Querschnitt durch ein tiefes nur die oberflächlichsten, jüngsten Ablagerungen berührt werden. Man sieht also sogleich, daß man diese Querschnitte nicht vergleichen kann, ohne den Fehler zu begehen, den wir einem Architekten vorwerfen würden, der Querschnitte durch das Erdgeschoß und das Dach zweier verschiedener Häuser vergleichen wollte. Etwas anderes ist freilich der Vergleich der verschiedenen Umrisse eines und desselben Baues oder der Stockwerke eines und desselben Baues. Die Architektur der Festländer zeigt uns vom Meeresboden bis zum Hochgebirgsgipfel Werke derselben Kraft, die mit stufenweis abnehmender Stärke die breiten Fundamente und den schmalen Gebirgskamm gebildet hat.



Parallelrichtungen in den polynesischen Inseln. Nach James Dwight Dana. Vgl. Text, S. 284.

1—10. die Polynesische Kette: 1. Paumotugruppe; 2. Tahiti; 3. Rurutugr.; 4. Herveygr.; 5. Samoa- oder Schiffer-In.; 6. Tokelaugr.; 7. Ellice-In. (Vaitupu); 8. Gilbertgr.; 9. Ralick; 10. Radack; 11. Karolinen; 12. Markesas; 13. Fanninggr.; 14. Hawaïgr. a bis h Teil der australas. Kette: a. Neukaledonien; b. Loyaltygr.; c. Neue Hebriden; d. Santa-Cruz-Gr.; e. Salomonen; f. Louisiaden; g. Neu-Irland (Neu-Mecklenburg); h. Admiralitätsgr.

Bei der Betrachtung der Parallelerscheinungen liegt die Erinnerung an die Wellenringe nahe. Wenn eine Kraft fortschreitet, geradlinig oder bogenförmig, wird sie immer schwächer; wirft sie Wellen auf, so werden diese Wellen immer niedriger, je weiter sie hinausziehen, bis sie endlich ganz verschwinden. Diese Wellen folgen dabei parallel hintereinander. Sind es Meereswellen auf einem flachen Strande, so sehen wir die erste am höchsten hinaufschwellen und die folgenden immer weniger hoch steigen. Läßt nun, wie es wahrscheinlich ist, jede eine Spur von angeschwemmten Stoffen hinter sich, so wird das Meer, wenn es sich beruhigt hat, von den Spuren seines höheren Standes umgeben sein, die parallel zu dem Meeresspiegel liegen.

Wenn die Oberfläche einer Flüssigkeit, deren Menge abnimmt oder deren Gefäß sich erweitert, sich mit Unterbrechungen senkt, kann sie in oder an den Wänden ihres Beckens Spuren zurücklassen, die als Parallellinien oder als Parallelstufen übereinander liegen. So hat das Meer bei Hebung des Landes in den Wänden seiner Fjordbuchten Strandlinien

(s. oben, S. 215 und ff.) eingegraben, an denen Brandung und strandendes Eis gearbeitet haben, so haben Flüsse und Seen Terrassen oft in großer Zahl übereinander abgelagert. Selbst die Lavaströme, die beim Weiterfließen ihre erstarrte Decke einsinken lassen, rufen damit Höhenstufen hervor, die oft in mehrfacher Zahl von der tiefsten Stelle bis zum obersten Rande hinaufführen. Am mächtigsten haben aber die großen Inlandeisströme der Diluvialzeit durch die Bildung konzentrischer Moränenzüge der Erde wellenringähnliche Spuren aufgedrückt. Eine ähnliche Verwandtschaft der Lage und Anordnung werden überhaupt alle Formen der Erdoberfläche zeigen, die gleichartig klimatisch bedingt sind. Die zonenförmige Anordnung der Korallenriffe, die heute im ganzen und großen nur innerhalb der Wendekreise vorkommen, ist ebenso streng gesetzmäßig, wie das Übergewicht des Diatomeenbodens auf dem Grunde beider Eismeere. Echte Fjordküsten mit allem, was an Insel- und Buchtenreichtum, Schären, Sunden, Seen zu ihnen gehört, entfernen sich heute nicht über 40° von beiden Polen. Ebenso weit reichten äquatorwärts die äußersten Grenzen der diluvialen Eisströme und daher auch die entsprechende Ausbreitung des Glazialschuttes und der erratischen Blöcke, die in gemäßigten Breiten beider Halbkugeln neben den übereinstimmenden Küstenformen auch ähnlichen Boden und zuletzt ähnliche Landschaften, ähnliche Bedingungen des Ackerbaues und des Verkehres bewirken. Mit Änderungen der klimatischen Bedingungen gehen alle diese Wirkungen in konzentrischen Kreisen vorwärts oder zurück.

Nicht so klar sind die Wellensysteme anderer Erdoberflächenformen. Doch sehen wir auch in den Faltengebirgen parallele Falten von abnehmender Größe sich aneinanderreihen, die Wellenkämme von der Stelle größter Erhebung nach außen gleichsam hinauszittern. Dabei verbinden sich mit der wellenbildenden Faltung andere gebirgsbildende Kräfte, die denselben Richtungen folgen. Und so wiederholen diese Parallelrichtungen sich nicht bloß in einer Gruppe von Erscheinungen, sie treten vielmehr in verwandten auf und gewinnen natürlich dadurch an Bedeutung. Wenn parallele Gebirge durch parallele Brüche zerklüftet werden und ins Meer tauchen, das nun in die Faltenthäler und Einbruchsspalten seine Buchten und Straßen legt, werden ihre Parallelrichtungen in den Küsten und Inseln sichtbar. So zeigt die dalmatinische Küste eine dreifache Homologie zwischen Inseln, Küsten und Gebirgen, Buchten, Sunden, Flüssen, Lagunen, die alle vermöge derselben Entstehungsweise in gleichen Richtungen ziehen.

Der Parallelismus der Vulkanlinien mit Küstenlinien kommt in den verschiedensten Formen vor. Auf diesen hat schon A. von Humboldt hingewiesen. Wir haben in den Anden den Parallelismus von Vulkanketten am Lande mit der Küstenlinie im größten Maßstabe; so klar ist er ausgebildet, daß den nach Westen vorspringenden Winkeln der Vulkanreihe in Süd- und Nordamerika deutlich die nach Westen vortretenden Vorgebirge von Pariña und Mendocino entsprechen. Vor der Küste ziehen in Parallellinien Vulkanreihen in Patagonien und noch deutlicher in Ostasien, Zeugnisse von Spalten im Küstenabfall, die Brüchen und Senkungen bei der Küstenbildung entsprechen. Die Inseln, auf denen Vulkanreihen sich hinziehen, sind oft nur stehen gebliebene Landreste, deren Umrisse dem Festlandrand ebenso entsprechen wie der Richtung der Vulkanspalten. Die japanischen Inseln liefern dafür interessante Beispiele. (Vgl. das Kärtchen, S. 202.)

Übereinstimmungen der großen Landumrisse mit den Vulkanreihen finden wir in den ostasiatischen Inselguirlanden, Hawaï, Neuguinea-Neuseeland und anderen Gebieten, und man darf bestimmt annehmen, daß, wenn im Stillen Ozean eine Hebung um 2000 m eintreten würde, eine Reihe paralleler Landlinien hervortreten würde, welche zum Teil über 70 Breitengrade und 100 Längengrade zu verfolgen wären. Und diese Linien würden vielfach dieselben sein wie die, denen wir in Süd- und Nordamerika begegnen.

Der Parallelismus von Bruchzonen mit Gebirgsfalten erzeugt an der Innenseite der Bogen der Gebirgsfaltung Vulkanreihen, die auf Parallellinien stehen. So lassen sich an der Innenseite des Apennin mehrere Vulkanspalten von zum Teil beträchtlicher Länge verfolgen, die untereinander und mit dem Apennin parallel laufen. Im allgemeinen erkennt man auch Übereinstimmungen der Richtung mit den benachbarten Gebirgsfalten an den Vulkanen der Innenseiten der Alpen und Karpathen.

Wir haben bei der Betrachtung der Gebirgsbildung schon die alte Neigung gestreift, aus der Wiederkehr bestimmter Richtungen in den verschiedensten Teilen der Erde noch größere Regelmäßigkeiten herauszulesen. Diese Umrisse schwanken oft um bestimmte Richtungen mit großer Beständigkeit, und es kommen dadurch Figuren von einer auffallenden Tendenz zur Regelmäßigkeit in den allgemeinen Umrissen zu stande. Aber die Regelmäßigkeit der Kristalle ist in den Umrissen der Länder nicht zu finden. Das Streben nach der Auffindung geometrisch regelmäßiger Grund- oder Richtungslinien im Bau der Erde hat sich selbst in den Fällen getäuscht gesehen, wo es nicht so weit ging, die Erde als einen vielflächigen Kristall aufzufassen. Auch die bescheideneren geradlinigen Vulkanspalten, Inselketten, Gebirgsfalten sind nie so regelmäßig ausgebildet, wie man annahm, sondern springen entweder unter Beibehaltung ihrer Grundrichtung plötzlich um ein paar Kilometer oder ein paar Hundert Kilometer ab, um in gleicher Richtung weiterzuziehen, oder zeigen einen deutlichen Bogenverlauf, wie wir oben, S. 157 und f., eingehender geschildert haben. Ebensowenig sind die Winkel, unter denen Gebirgszüge, Vulkanreihen, Inselreihen, Küstenlinien zusammentreffen, in einem und demselben Gebiet einander gleich. Reine rechte Winkel, halbe rechte oder dreiviertels rechte Winkel sind offenbar nur zufällig einmal zur Ausbildung gelangt. Wir sehen zwar ein Streben nach Regelmäßigkeiten, aber es kann sich nur unvollkommen verwirklichen. Der Versuch ist erlaubt, Gebirgsknoten oder Vulkane durch gerade Linien zu verbinden, die vielleicht die äußerste Wirkungsgrenze gewisser Kräfte bezeichnen; aber man sollte nicht daraus ein Netz regelmäßiger Richtungen zusammenweben, in das man das Gesetz der ganzen Festlandentwickelung der Erde zu fassen meint.

Die Halbinseln.

Teile eines Landes ragen so weit in das Meer oder in einen großen See hinein, daß sie in einem großen Teil ihres Umfanges vom Wasser bespült und in Wahrheit zu halben Inseln werden; sehr oft verleihen ihnen außerdem Eigentümlichkeiten des Bodenbaues, der Bewässerung oder der Lebewelt eine halbinsulare Selbständigkeit gegenüber dem Festlande. Man nennt sie Halbinseln. Eine absolute Größengrenze kann man für sie nicht angeben. Denn am asiatischen Kontinent sind Arabien und Indien, Länder von 2,7 und 2 Mill. qkm, Halbinseln; Halbinseln sind aber auch so kleine Länder wie Istrien (5000 qkm) und, dem gewöhnlichen Sprachgebrauche nach, so unbedeutende Vorsprünge, wie jene von Korallentieren gebaute Landzunge, die den Finschhafen absondert (s. das Kärtchen, S. 290) oder die Doppeltvulkan-Halbinsel Neupommerns (s. das Kärtchen, S. 289) nennt. Man spricht anderseits auch von Halbinseln, wo es sich um kontinentale Vorsprünge handelt. Europas Verhältnis zu Asien wird vielfach als das einer Halbinsel zu ihrem Festland aufgefaßt. Wiederholt nicht Europas gliederreiches Hinausragen zwischen zwei Buchten des Atlantischen Ozeans Griechenlands Fortsetzung der Balkanhalbinsel zwischen Buchten des Mittelmeeres? Verschwindend erscheinen uns neben so mächtigen Gebilden die kleinen Landvorsprünge in Binnenseen. Und doch: sprechen wir nicht mit demselben Rechte von jener Halbinsel Sermione im Gardasee wie von der Insel Reichenau im Bodensee?

Varenius hat nicht bloß Afrika als eine Halbinsel der Alten Welt aufgefaßt, sondern seltsamerweise auch Nord- und Südamerika als Halbinseln bezeichnet, wobei die Frage offen bleibt, ob er Südamerika als eine Halbinsel von Nordamerika betrachtete oder umgekehrt. Er hat in dieser Auffassung keine Nachfolger gehabt; aber es ist nicht zu leugnen, daß beide Amerika zwei miteinander verbundene Weltinseln sind. Weniger berechtigt finden wir den Ausdruck: Die Südpolarländer südlich von Südamerika und Australien nähern sich „halbinselartig“ diesen Erdteilen.

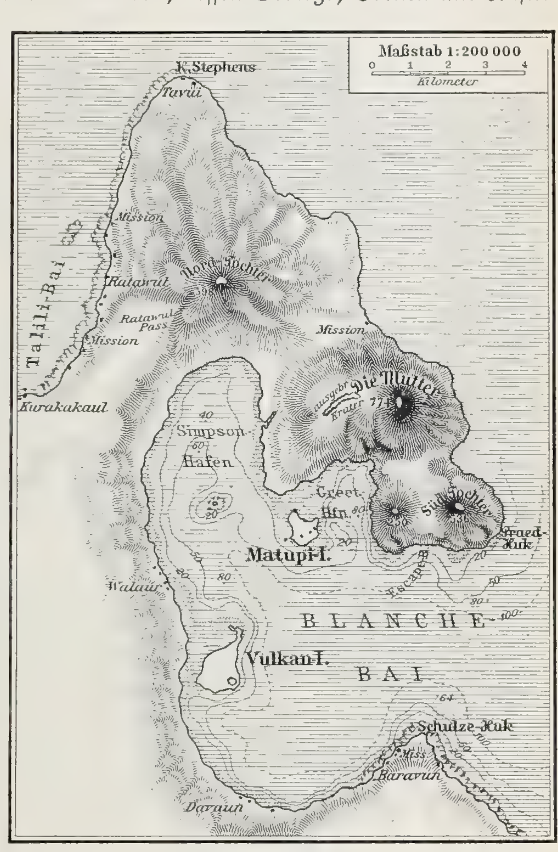
In die Entscheidung der Frage, ob wir eine Halbinsel oder nur einen Landvorsprung vor uns haben, spielen geographische Erscheinungen herein, die nicht notwendig mit Halbinseln zusammengehören, aber doch in manchen Fällen Landvorsprünge selbständiger machen und damit den Halbinseln gleichwertig machen können. Zuerst nennen wir die Tiefländer auf der Grenze zwischen gebirgigem Landvorsprung und Festland. Das gebirgige Schantung (vgl. die Karte, S. 291) ist von dem ganzen übrigen China durch Versenkungen getrennt, die durch Ablagerungen zu Ebenen geworden sind. Die oberflächlichen Anschwemmungen hat der Hoangho gebracht, der die ganze Halbinsel umflossen hat, indem er bald einen Mündungsarm nach Norden in das Gelbe Meer, bald nach Süden sandte. Ob Schantung einst als Insel vor dem Festlande lag, dessen Halbinsel es heute ist, konnte noch nicht genau festgestellt werden, es ist aber wahrscheinlich. Jedenfalls zaudern wir nicht, Schantung eine Halbinsel zu nennen. Bei den arktisch-amerikanischen Halbinseln Boothia (s. die nebenstehende Karte) und Melville, die nur durch die sehr niedrigen Isthmen, die sie mit dem Festland verbinden, von Inseln unterschieden sind, kommt noch hinzu, daß ihr Umriß und Bau ihre Verwandtschaft mit King Williams-Land, Nord-Somerset und ähnlichen außer Zweifel stellen.



Die Halbinsel Boothia Felix in Nordamerika. Nach der Circum Polar Chart des Hydrographic Office, Washington.

Wo tiefe Buchten zwischen einem Festland und einem Außenland, das vielleicht Insel war, ausgefüllt wurden, da bleibt nicht bloß ein Schwemmland- und Tieflandsaum zwischen Halbinsel und Festland, sondern es bleibt ein Rest des alten Inselsundes als Fluß übrig. Schantung wird bei großen Hoangho-Überschwemmungen wiederum zur Insel; aber der Ganges fließt dauernd im mittleren und unteren Lauf über Anschwemmungsland, gleichsam der letzte Rest der nassen Grenze zwischen der alten Insel Indien und dem Festland. Der Po hat dieselbe Geschichte hinter sich. Selbst die Eider bezeichnet eine alte Senke zwischen der cimbrischen Halbinsel und dem Festland. In sehr eigentümlicher Weise ist Manhattan (New York), nach Bau und Lage eine Halbinsel, zur Insel durch ein kleines östliches Nebenflüßchen des Hudson gemacht.

Precht hat sich ein Verdienst erworben durch die Schaffung des Begriffes **Endland** für jene Ausläufer eines Rumpflandes, die auf dem größten Teil ihres Umfanges vom Meere umflossen sind, dennoch aber nicht die Merkmale der Halbinsel tragen. Der verschmälerte Teil von Südamerika von der Insel Chiloe und dem Matiasgolfe an kommt einer Halbinsel sehr nahe, zumal sein Umriß und Bodenbau sich in der Insel Feuerland fortsetzt; aber es ist dieses Land noch viel enger mit dem übrigen Südamerika verbunden, dessen Gebirge, Ebenen und Küsten sich dorthinein fortsetzen: Patagonien ist also weder abgegliedert noch angegliedert, sondern es ist das **Ende** Südamerikas. Ähnlich ist die Stellung der Yukon-Halbinsel zu Nordwestamerika, während in Nordostamerika Labrador durch die einander entgegenstrebenden Einschnitte der Hudsonsbai und des Sankt Lorenzgolfes deutlich als Halbinsel abgesondert ist. In biogeographischer Beziehung zeigen denn auch die Endländer keine Sondereigenschaften wie die Halbinseln, sondern in ihnen tönt gleichsam der Lebensreichtum ihrer Festländer langsam aus. Das gilt auch vom Völkerleben, das, dem Verkehr entrückt, in den Endländern verarmt, wie Südafrika und das südlichste Südamerika zeigen.

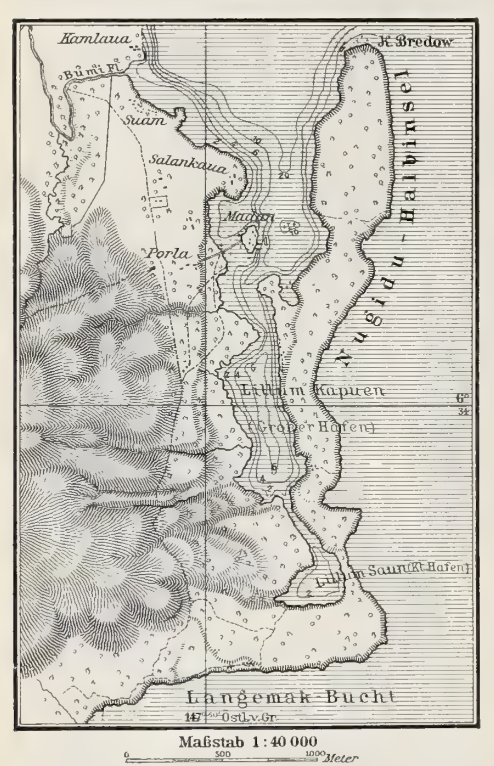


Die Gazelle-Halbinsel, Neupommern. Nach P. Schneider. Vgl. Text, S. 287.

Nach ihrer Entstehung zerfallen alle Halbinseln in **abgegliederte** und **angegliederte**. Die abgegliederten sind Stücke ihres Festlandes mit allen Merkmalen des Bodens, die den nächstgelegenen Festlandabschnitten eigen sind, und dadurch so eng mit ihm verbunden, daß ihre Abgrenzung vom Festland oft große Schwierigkeiten macht. Halbinseln mit Gebirgsfaltenverbindung, wie Hinterindien und die Balkanhalbinsel, sind überhaupt nur gewaltsam vom Festlande zu trennen. Die angegliederten dagegen sind ursprünglich selbständige Länder, deren Boden Besonderheiten des Baues aufweist, welche die Halbinsel zu kontinentaler Selbständigkeit erheben, wie Vorderindien. In Ab- und Angliederung spielen Bodenschwankungen eine große Rolle. In der Entwickelung der abgegliederten Halbinseln liegt es, daß sie oft in der Masse ihres Festlandes wie eingeschlossen liegen, wie Arabien, während angegliederte, wie Vorderindien, weit hervorragen. Daß indessen dieser Unterschied keineswegs durchgreifend ist, zeigt das zwiespältige Verhältnis der skandinavischen Halbinsel zur Ostsee und zum Ozean. Die Ostsee ist nur eine seichte Überschwemmung derselben Granit- und Gneisplatte, die mit ein paar Resten paläozoischer Schichten von Finnland bis zum gebirgigen Westrand Norwegens zieht, der als eine höhere Stufe über die dort 400—500 m hohe Platte ansteigt. Diese ganze

Erhebung der skandinavischen Halbinsel stürzt dann westwärts steil in die große Tiefe des Atlantischen Ozeans hinab. Diese westliche Meeresgrenze der Halbinsel ist sicherlich viel älter als jene östliche.

Als Länder, die einem anderen größeren Lande angelagert sind, werden die Halbinseln stark berührt von den Neubildungen, die am Rande großer Länder immer vor sich gehen. Daher geht ihre Entwickelung auf immer breitere Angliederung hinaus. Vorderindien hing zuerst nur im Nordwesten mit Asien zusammen, das Gangestiefland arbeitete ununterbrochen an der Verbreiterung dieser Verbindung; so das Po-Land an der Apenninenhalbinsel. Dabei folgt Angliederung auf Abgliederung und umgekehrt. Vorderindien wird ein Teil von Asien, Großbritannien hört auf, eine Halbinsel Europas zu sein. Wir betonen dieses besonders, um nicht den Anschein zu erwecken, als ob die Entgegenstellung von An- und Abgliederungshalbinseln eine unbedingte und allgemein gültige Klassifikation bedeuten könnte.



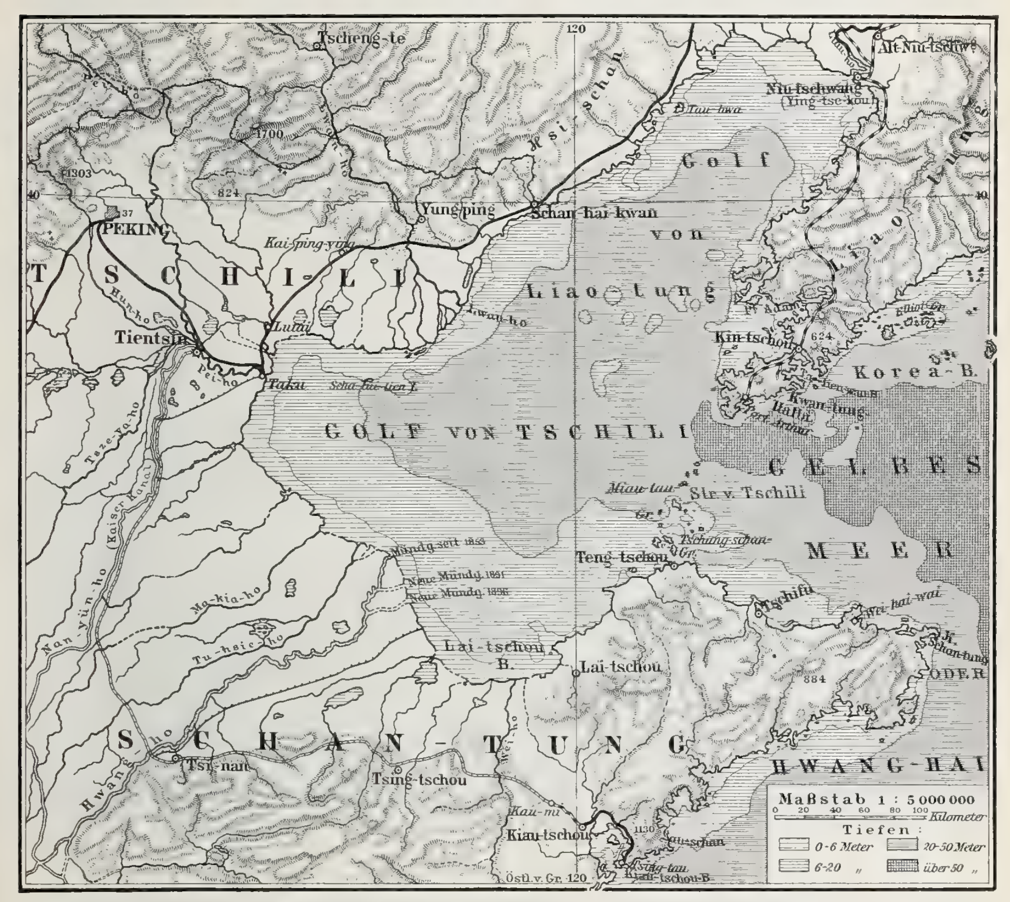
Finschhafen, Neuguinea. Nach M. v. Hippel. Vgl. Text, S. 287.

Abgliederung beruht auf Landverlust. Deshalb werden wir Abgliederungshalbinseln in Gebieten finden, wo Brüche und Einsenkungen häufig sind; sie erreichen ihr Maximum in den drei Mittelmeergebieten, deren Inselreichtum die gleiche Ursache hat. Angliederung setzt Landzuwachs voraus. Wir finden also Angliederungshalbinseln in Gebieten neuen Landwachstums. Man könnte daher auch die einen Wachstums- und die anderen Rückgangshalbinseln nennen. Folgt der eine Prozeß auf den anderen so, daß die Trümmer eines zerfallenden Erdteiles in einen neu sich bildenden aufgenommen werden, dann mag man zweifeln, welcher Teil der angegliederte sei. Erwägt man die Weite des alten Gondwanalandes (s. u. S. 300), das von Indien bis Afrika reichte, und die anfängliche Zerstückelung des heutigen Asiens, dann ist der wahre Wachstumsprozeß Südasiens die Angliederung des Himalayasystems an Indien und nicht umgekehrt; nur daß Indien dann zusammenschmolz.

Wo eine Landschranke durchbrochen worden ist, ragen ihre Reste als Halbinseln einander gegenüber ins Meer vor und bezeugen durch die Ähnlichkeit ihrer Richtung und ihres Baues den alten Zusammenhang. Diese könnte man als Durchbruchshalbinseln bezeichnen. Jütland und Schonen hingen zusammen, ehe die Ostsee geöffnet war. Schantung zeigt im östlichen Teil eine auffallende Übereinstimmung mit Liaotung. (S. das Kärtchen, S. 291.) Die Halbinseln von Gibraltar und von Tanger ragen wie die Pfeiler eines eingestürzten Bogens von beiden Seiten ihrer Meeresstraße einander entgegen.

Indien und Italien geben Beispiele von Halbinseln, die durch Gebirgsschranken vom Festlande getrennt sind. Indien hängt orographisch nicht mit dem Festlande zusammen, dem das Land südlich vom Ganges und Indus einst wie eine Insel gegenübergelegen haben muß.

Italien hing einst viel lockerer mit dem Festland zusammen, wie es scheint nur im äußersten Nordwesten, wo die Alpen sich mit den Apenninen verschmelzen. In beiden Fällen haben die Gebirge durch den von ihren Flüssen heraus- und herabgetragenen Schutt Lücken zwischen Festland und vorgelagertem Land ausgefüllt. Wir halten daher gerade für Italien den Versuch für aussichtslos, statt der Naturgrenze des Nordabhanges des Apennin eine künstliche Linie, etwa den 44. Breitengrad, als Grenze zwischen Kontinent und Halbinsel zu bestimmen, um so



Die Halbinseln Schantung und Liaotung. Nach den Karten des preußischen Generalstabs, der englischen Admiralitätskarte, B. Hassenstein, E. Bretschneider und R. Turley. Vgl. Text, S. 290.

mehr, als Halbinsel-Italien durch sein eigenes Gebirgssystem fast ebenso orographisch selbständig dasteht, wie Südindien mit seinen alten Hochebenen dem jungen Himalayalande gegenüberliegt. Wie nun auch die Halbinsel vom Festlande getrennt sei, immer bleibt die Ansatzstelle ein wichtiges Durchgangs- und Übergangsland. Länder wie Pendschab, Syrien, die Lombardei, Aragon gehören als Schwellen ihrer Halbinseln zu den geschichtlich wichtigsten und anziehendsten.

Zwischen Inseln und den Halbinseln, denen sie vorliegen, besteht eine Verwandtschaft der Lage, die auf die tiefere Verwandtschaft der Entstehung hinweist. Italien und Sizilien, die cimbrische Halbinsel und die dänischen Inseln, Griechenland und die Jonischen Inseln, Florida und seine Koralleninseln sind Beispiele. Italien und Griechenland zeigen die

Entstehung der Halbinseln und Inseln unter dem Einfluß derselben Kraft. Dieselben Einbrüche haben das Ägäische und das Adriatische Meer geschaffen, und die Einbrüche, die den Peloponnes schufen, bildeten auch seinen Reichtum an peninsularer Gliederung aus. Daher auch die Wiederholung der abgliedernden Einschnürungen, die den Sunden zwischen Inseln einer Inselkette um so mehr zu vergleichen sind, als sie mit herabsinkenden Höhen verbunden sind. So zieht sich auf der kalabrischen Landenge die Halbinsel erst am Golf von Tarent, dann, auf 32 km mit Einsenkung auf 250 m, am Golf von Eufemia zusammen, dann am Golf von Gioia, und endlich folgt die Straße von Messina. Die Steilufer der Straße von Gibraltar (s. die



Der Gibraltarfels. Nach Photographie.

obenstehende Abbildung) verkünden die Macht der Ein- und Abbrüche schon beim Eintritt ins Mittelmeer. Den Anschluß an Halbinseln und zugleich an den Gebirgsbau des festen Landes zeigen auch sehr schön die ostasiatischen Gruppen in ihren „Inselkurven“ oder „-guirlanden“.

Wenn Balkanhalbinsel, festländisches Griechenland und Peloponnes als große, mittlere und kleine Halbinsel sich nach Süden hin auseinander entwickeln, Südosteuropa in immer schmälere und zierlicher gegliederte Landgebilde auflösend, die Breiten von 10 zu 2 und 1 abstufend, so ist etwas Einheitliches in solcher Steigerung der Zerteilung nicht zu verkennen: Aus dem breiten Rumpf der Balkanhalbinsel tritt als zweite Halbinsel der schmale, stark zerschnittene Landstreifen des festländischen Griechenland hervor, und dieser schließt sich als dritte die fast inselartige, nur durch den schmalen Isthmus mit der zweiten verbundene und noch reicher gegliederte Halbinsel an, welche die Alten die „Insel des Pelops“ nannten. Und weiter hinaus dann die Inseln der Cykladen und die insularen Fortsetzungen der „Finger“ des Peloponnes.

Groß ist die Zahl kleinerer Halbinseln, die durch Verkittung von Inseln mit dem festen Lande entstanden sind. Die Insel Accon an der syrischen Küste scheint mit dem Festlande verbunden worden zu

sein, und jener künstliche Damm, durch den Alexander der Große Tyrus mit der Küste verband, ist durch Schwemmbildungen immer stärker und größer geworden. An der Westküste Kleinasiens bezeichneten die Alten eine ganze Reihe von Vorgebirgen als frühere Inseln, so Kap Krio, ebenso Zephyrus, Äthusa, Lade vor der Mündung des Mäander, Dromiskoe, Perne und andere. Unter den Neueren hat Chandler die Vereinigung der Insel Samos mit dem gegenüberliegenden Kap Mykale als wahrscheinlich bezeichnet. Teos wird von Plinius als Insel bezeichnet, jetzt hängt es mit dem festen Lande zusammen. Antissa soll an Lesbos als kleine Insel angekittet worden sein. Wie sehr solche Erfahrungen die Vorstellungen der Alten beherrschten, zeigt das von Strabo mitgeteilte Orakel, es werde der Pyramus an der cilicischen Küste so viel Land aufwerfen, daß Cypern mit dem Festland verbunden werde.

Eine besondere Gattung von Halbinseln sind die Halbinseln an Inseln. Es ist eine für die Natur der Inseln bezeichnende Thatsache, daß die Inseln so viel halbinselreicher sind als das feste Land. Korsika mit seinem schmalen nördlichen Halbinselfortsatz Kap Corso, Großbritannien und Irland, die eigentlich aus Halbinseln zusammengesetzt sind, Celebes, von dem dies noch bestimmter ausgesagt werden könnte — Südcelebes war Insel, bis die noch heute fortdauernden Hebungen seine Angliederung an die Hauptinsel als Halbinsel bewirkten —, Halmahera, Luzon, Mindanao, Neuguinea und so viele andere bieten reichliche und mannigfaltige Beispiele. Die merkwürdigsten Gestalten und Verbindungen erscheinen dort, wo Inseln durch die Verkittung von kleineren Inseln entstanden sind, wobei Halbinseln einen Übergangszustand darstellen. Ein junges Gebilde dieser Art, wie Rügen (vgl. d. Karte, S. 315), ist nichts als ein noch höchst unregelmäßiges und lückenhaftes Konglomerat von Inseln, die zum Teil in Halbinselform erscheinen, zum Teil auch noch nicht angeschlossen sind. Jasmund, das durch zwei Nehrungen und zwei halbinselförmige Vorragungen mit dem Hauptkörper Rügens verbunden ist, ist eins der sonderbarsten Inselhalbinselgebilde.

In der sehr häufigen Lage von Inseln in der Fortsetzung von Halbinseln, so z. B. in dem Verhältnis Hainans zu Leitschou, Fehmarns zu Wagrien, Nordhollands zu der westfriesischen Inselkette, erscheint die Halbinsel als der naturgemäße Übergang vom Festland zur Insel.

In der Bildung der Halbinseln waltet mehr Zufälligkeit als in der Entstehung der Inseln. Es sind schwächere Wirkungen, denen eine Halbinsel ihre Herausgliederung aus einer Festlandmasse verdankt. Der Peloponnes, seinem Baue nach zur selbständigen Insel bestimmt, wird durch die ganz beschränkte nachpliocäne Hebung des Isthmus zur Halbinsel. In ähnlicher Weise ist die Krim nur eine spät und schwach verbundene Angliederung, eine „Fastinsel". Wie wenig bedeutet selbst die breite, in der Quartärzeit entstandene Po-Ebene, die für die Halbinselnatur Italiens so wichtig ist, im Vergleich mit den früheren Ereignissen in der Entwickelungsgeschichte der Apenninenhalbinsel. Und ist es nicht bezeichnend, daß der Isthmus von Korinth, die Po-Ebene, die Straße von Gibraltar quartären Alters sind? Selten sind die Halbinseln, die auf selbständigem Sockel dem Meere entragen, wie so viele Inseln. Daher auch jene Schwierigkeit, sicher zu bestimmen, was eine Halbinsel ist, und die noch größere der Abgrenzung der Halbinseln von ihren Festländern. Und müssen wir nicht hinzufügen, daß ungleich viel weniger von der Begrenzung einer Halbinsel als einer Insel abhängt? Die Balkanhalbinsel bleibt immer ein Südosteuropa an- und untergeordnetes Land, wie wir sie auch abgrenzen mögen; sie bleibt hydrographisch und biogeographisch unselbständig.

Eine eigentümliche und nicht unwichtige Art von Halbinseln sind die vom Süßwasser umgebenen Seen- und Flußhalbinseln. Die Halbinseln Michigan und Ontario sind im Volksmund und in der amtlichen Geographie lange als Halbinseln bezeichnet worden, ehe die wissenschaftliche Geographie sie so nannte. Ihre Halbinselnatur ist eine ausgesprochene. Auch die

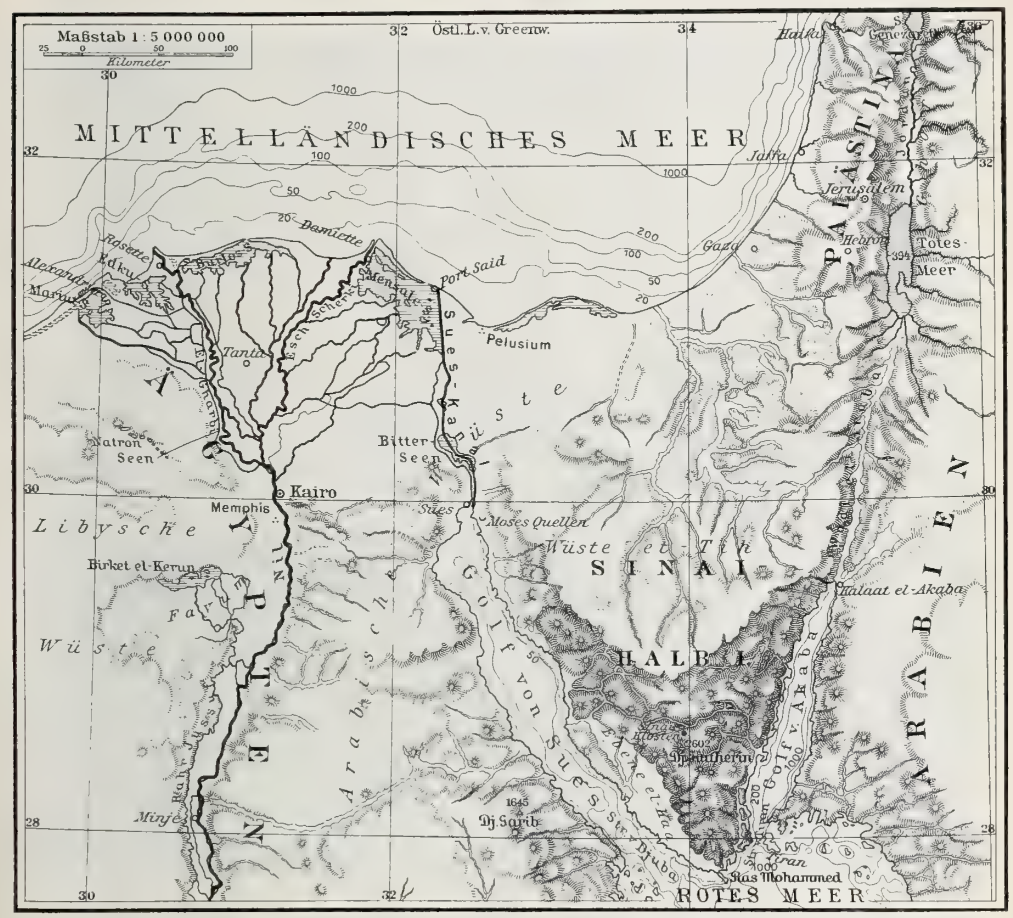
Halbinseln Mangyschlak und Baku im Kaspisee, die Halbinsel Dar Schaschi im Viktoria Nyanza, die Halbinsel von Radolfzell am Bodensee sind unzweifelhaft, wenn auch räumlich nicht so bedeutend wie Michigan und Ontario. Jeder größere See des nordeuropäischen Seengebietes hat auch seine Halbinsel, oft auch mehrere. Natürlich liegt der Halbinselreichtum der Binnenseen in der Mannigfaltigkeit ihrer Gliederung. Die größeren Binnenseen sind aus der Vereinigung mehrerer Einsenkungen entstanden, und die zwischen ihnen stehen gebliebenen Landreste wurden Halbinseln. Darum treten auch die Seenhalbinseln immer zusammen mit Inseln auf, die sehr oft in ihrer Verlängerung liegen. Man spricht auch von Flußhalbinseln. Das Ordosland in der Schlinge des Hoangho ist ein ausgezeichnetes Beispiel. Wir wollen aber die Flußhalbinseln zusammen mit den Flüssen betrachten, da sie sich von den anderen Halbinseln durch ihre nur schwache Absonderung vom Lande weit entfernen.

Bedeutung der Halbinseln. Die Halbinseln sind ein nicht unbeträchtlicher Teil des Festen unserer Erde. Wenn wir allein die Halbinseln messen, die ins Meer hinausragen, erhalten wir über 13 Mill. qkm; das ist bedeutend mehr als die Fläche aller Meerinseln. Aber freilich die Selbständigkeit des Baues und der Lebewelt verleiht den Inseln einen höheren Wert. Eine Pflanzen- und Tierwelt von der Eigenartigkeit der insularen erwarten wir auf Halbinseln nicht, aber eine Reihe von Eigentümlichkeiten zeichnet auch die Pflanzen- und Tierwelt der Halbinseln aus. Florida südlich vom 29.° hat 360 Arten der Tier- und Pflanzenwelt, die weiter nördlich nicht vorkommen und den südlichen Teil der Halbinsel an Westindien anschließen. Ganz Florida sind über 500 Arten eigentümlich mit vorwiegend westindischen Anklängen. Die Halbinsel Malakka hat eine Tierwelt, die mehr an die verwandte Nachbarinsel Sumatra als an Hinterindien erinnert. Die südeuropäischen Halbinseln samt Kleinasien und dem Atlasland haben nach Grisebachs Aufzählung 2700 eigene Pflanzenarten, wovon auf Spanien, die entlegenste und erdgeschichtlich eigentümlichste der europäischen Halbinseln, allein 782 kommen.

So sind auch im Leben der Menschen die Halbinseln halb inselhaft in ihren Wirkungen. Oft will der insulare Charakter fast überwiegen. Steht in Europa Spanien oder Sizilien dem Festland ferner? Italien und Griechenland, Spanien und Kleinasien sind die klassischen Beispiele peninsularer Völker-, Kultur- und Staatenentwickelungen. Korea, das die festländische Kultur Chinas nach Japan trägt, wird in einem späteren Abschnitt seiner Geschichte zur Brücke, über die Japan den Schritt aus insularer Abgeschlossenheit aufs Festland als erobernde Macht wagt. Von der „kleinafrikanischen" Halbinsel des Atlaslandes greift Karthago über Sizilien nach dem Festland über, auf dem es schließlich dauernd Fuß in Spanien faßt, und umgekehrt beginnt Rom seine Eroberung Nordafrikas mit der Niederwerfung Karthagos. Gleich dem insularen Leben ist das peninsulare durch Wechsel und Gegenwirkung der Absonderung und Abgeschlossenheit bezeichnet. Selbst die kleinen Halbinseln Bretagne und Normandie stehen dem übrigen Frankreich wie abgeschlossenere Charaktere gegenüber und enthalten doch zugleich die expansivsten Elemente der Bevölkerung Frankreichs. Am großartigsten verkörpert aber wohl Arabien diese Doppelnatur. Arabien ist voll afrikanisch-asiatischer Wechselbezüge; noch hegt es eines der eigentümlichsten Völker der Erde, die Araber, die, in Arabien abgesondert fast bis zum Mangel aller Berührung, außer Arabien eines der am weitesten sich ausbreitenden Völker sind. Es ist möglich, daß der ganze semitische Stamm in Arabien entsprungen ist. Nicht bloß Arabien verbindet in dieser Weise die Abgeschlossenheit mit der Eigenschaft Völkerwiege zu sein. Bildete nicht auch Italien in halbinselhafter Abschließung den Kern der romanischen Völker aus, die dann über halb Europa sich ergossen, und Skandinavien den der nordgermanischen?

Landenge.

Eine Einengung des Landes zwischen zwei Ausbreitungen nennt man Landenge oder Isthmus. Das Land braucht nicht so eng zu sein wie der Isthmus von Sues, um eine Landenge zu bilden (s. die untenstehende Karte). Auch die Einengung Frankreichs zwischen dem Golf du Lion und dem Busen von Biscaya ist eine isthmische Erscheinung. Im Vergleich zu der



Das Nildelta und die Landenge von Sues. Nach den Handatlanten von Andree und Debes.

breiten Ausdehnung Asiens wirkt selbst der Landstreifen zwischen dem Persischen Meerbusen und dem Mittelmeer als Landenge. Aber die Landenge im engeren Sinne erhält peninsulare Eigenschaften durch die Nähe zweier Wasserflächen und durch die nicht seltene Eigentümlichkeit des Bodenbaues; Mittelamerika unterbricht den Zug der Kordilleren durch Gebirgsbildungen von westindischem Charakter, Sues ist ein Schwemmlandstreifen zwischen Wüstenplatten. Eine solche Einengung kann ebenso wichtig durch ihre erdgeschichtliche Vergangenheit sein, in der sie eine Brücke zwischen Ländern und eine Schranke zwischen Meeren baute, wie durch ihre Wirkungen in der Gegenwart. Die Landenge von Sues hat durch Jahrtausende die Brücke gebildet, über welche Völker Asiens und Afrikas miteinander verkehrten, und als

man sie durch den Meereskanal durchschnitt, wurde sie die Stelle des regsten Verkehres zwischen den Ozeanen des Westens und Ostens.

In der erdgeschichtlichen Entwickelung gehen die Landengen am häufigsten aus der unvollständigen Auflösung von Landzusammenhängen hervor. Daher auch das Zusammenvorkommen von Landengen mit Inseln und Halbinseln und die Lage von einigen der wichtigsten Landengen in den mittelmeerischen Regionen der Erde, also in Gebieten großer Bodenschwankungen:



Ein Teil des Sueskanals. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 297.

Mittelamerika, Sues, Krah, Korinth. Ehe Sues Asien mit Afrika verband und den Atlantischen Ozean vom Indischen trennte, lag an ihrer Stelle eine letzte nördliche Verbindung zwischen dem Atlantischen und Indischen Ozean. Ähnlich wie Halbinseln zeigen auch Landengen nicht nur Einschnürungen des Umrisses, sondern auch Senkungen des Bodens, und durch beide Eigenschaften erleichtern sie die Verbindung der Meere, die ihre Seiten bespülen. Die Einschnürungen Mittelamerikas bei Panama, Nicaragua und Tehuantepek auf 72, 200 und 220 km sind zugleich Einsenkungen auf 72, 46 und 208 m. So liegt die Einsenkung von Krah auf der Halbinsel Malakka.

Eine eigentümlich verwickelte Definition von Landengen gibt A. Penck in der „Morphologie der Erdoberfläche". Er verbindet sie mit den Halbinseln. Indem er von diesen spricht, sagt er: „Ist die Landfestigkeit

sehr gering und ist die Halbinsel vom Lande förmlich abgeschnürt, so nennt man das an ihre Landgrenzen angrenzende Land eine Landenge oder Isthmus." In diese Begriffsbestimmung passen nun gerade die größten Landengen der Erde nicht: die Sueslandenge und die mittelamerikanische Landenge. Es passen auch in sie nicht die Einschnürungen an einer gestreckten Halbinsel, deren halbinselbildende Einschnürung an einer anderen Stelle liegt. Malakka wird nicht Halbinsel durch die Landenge von Krah, Italien nicht durch die Landenge von Catanzaro. Die Begriffsbestimmung Pencks paßt auch nicht auf die Insel-Landengen, wie die den Nordarm Halmaheras abschneidende zwischen den Buchten von Dschilolo und Kaoe. Endlich paßt sie nicht auf die Isthmen, die nicht absolute Landengen, aber Landengen im Verhältnis zu den Ländern auf beiden Seiten sind. Südwestfrankreich liegt isthmisch hinter der Pyrenäenhalbinsel, ohne daß gerade eine Abschnürung stattfindet. Aber im Bilde Gesamteuropas ist das Land zwischen dem Golf du Lion und dem von Biscaya jedenfalls eine Landenge. Für alle diese paßt offenbar nur die einfachste Bestimmung: Verengerung eines Landes zwischen zwei Ausbreitungen. Sie ist freilich nichts als eine erweiternde Umschreibung des Wortes Landenge. Aber was soll eine Begriffsbestimmung mehr sein?

Die Entwickelung einer Landenge ist immer ein besonders wichtiges Ereignis der Erdgeschichte, dessen Bedeutung durchaus nicht an der Größe der Landenge, sondern vielmehr an der Größe der Länder zu messen ist, die durch sie vereinigt, und der Meere, die durch sie geschieden werden. So sind auch die Wirkungen der Landengen denen der Brücken zu vergleichen. Gleich diesen erhalten sie ihre Bedeutung nicht aus sich, sondern von den Gebieten, die sie miteinander verbinden. Wohl ist größeren Landengengebieten auch eine halbinselartig selbständige Stellung zu eigen, in der sie sich von den größeren Ländern auf beiden Seiten unterscheiden. Mittelamerika gibt dafür manche Beispiele, wiewohl seine eigentümlichste ethnische Entwickelung in der Halbinsel Yukatan liegt. Aber größer wird doch einst die geschichtliche Bedeutung Mittelamerikas als Durchgangsland zwischen zwei Weltmeeren sein, wenn auch die hier zu schaffende Verbindung wohl niemals die der Landenge von Sues (s. die Abbildung, S. 296) an Bedeutung für den Welthandel erreichen wird.

Landboden und Meeresboden.

Beim Blick auf die Erdkugel tritt uns immer zuerst der Gegensatz von Meer und Land entgegen. Wir sind an ihn auf dem Globus gewöhnt, wie an die Augen im Gesicht. Es ist ein doppelter Gegensatz: Stoff und Form. Er soll uns trotzdem nicht hindern, zu sehen, was das Land an der Erdoberfläche mit dem Land in der Tiefe verbindet, die das Meer bedeckt. Stehen doch die beiden Formen des Erdbodens geschichtlich einander so nahe: das Land bricht ein, das Meer folgt nach; der Boden hebt sich, das Meer flutet zurück.

Wir sind geneigt, bei der Betrachtung der Verteilung von Land und Wasser auf der Erdoberfläche bei dem Lande zu verweilen, das an der Oberfläche liegt: bei dem festen und trockenen Land. Aber das Land, das den Boden des Meeres bildet, liegt nicht tief. Das Wasser steht nur in dünnen Schichten darüber. Wenn wir die mittlere Tiefe aller Meere auf den Globus auftragen, ist es noch nicht $^1/_{1800}$ des Erdhalbmessers. Wir können uns also leicht das Meer wegdenken; dann ist der Erdball ein Körper, dessen Oberfläche einige flache Erhebungen und einige größere seichte Vertiefungen hat. Auf den Erhebungen kommen zahlreiche kleinere Unebenheiten vor; sie fehlen auch in den Einsenkungen nicht, wo die Meere stehen, sind aber in ihnen spärlicher. Das sind die Fundamente der Inseln und Gebirge. Und wenn wir noch näher zusehen, dann finden wir auf diesen Fundamenten noch kleinere und zerstreutere Unebenheiten; das sind die Gebirge und Inseln selbst. Was wir an dem verkleinerten Bilde der Erde auf unseren Karten nicht erkennen, das ist, daß auch in jedem Gebirge sich derselbe Aufbau von einzelnen Höhenzügen und kleineren Erhebungsmassen auf großen Anschwellungen oder

Massenerhebungen wiederholt. Es verhält sich also eine Kette der Alpen zur Gesamterhebung der Alpen so, wie dieses Gebirge zur Gesamterhebung Europas. Stufenförmig nach oben abnehmend wiederholen sich also die gleichen Grundformen vom Meeresboden bis zur höchsten Gebirgskette. Der Meeresspiegel schneidet entzwei, was nach Entstehung und Stoff zusammengehört.

Freilich fehlt es nicht an Unterschieden des Landes über dem Meere und des Landes unter dem Meere. Das Land unter dem Meere ist Boden des Wassermeeres, das Land über dem Meere ist Boden des Luftmeeres, jenes steht unter dem Einfluß der gewaltigen Masse des ruhenden, aber an eigenen Niederschlagsbildungen reichen Meeres, dieses unter dem Einfluß des bewegten fließenden Wassers, dessen Masse klein, dessen eigene Niederschlagsbildungen verschwindend sind, und ferner unter dem Einfluß der bewegten Luft. Gerade bei der Würdigung der Tiefen des Meeres ist niemals zu übersehen, daß der Meeresboden seinem Wesen nach immer höher werden, immer wachsen muß, solange nicht durch innere Erdkräfte Einsenkungen oder Einbrüche in ihm bewirkt werden. Er muß also an den meisten Stellen einst tiefer und wahrscheinlich viel tiefer gewesen sein, als er heute ist. Das lehrt ja seine Bedeckung von einem Ende bis zum anderen mit Niederschlägen junger Entstehung. Umgekehrt muß der über dem Meere liegende Boden unaufhörlich niedriger werden, da die fließenden Wässer und die Brandungswellen feinzerteilte Stoffe, die ihm angehörten, dem Meeresboden zuführen. Und während jene Auffüllung sehr gleichmäßig vor sich geht, schreitet diese Abtragung sehr ungleichmäßig fort.

Die Entstehung der Festländer.

Kein Festland hat eine geradlinige Entwickelung wie eine Pflanze oder ein Tier oder selbst ein Berg oder ein Fluß. Es ist kein Keim, kein Quell gegeben, aus dem alles Spätere sich entfaltet. In jedem Festland sind vielmehr Stücke von ganz verschiedener Herkunft miteinander vereinigt, und die Geschichte alles Landes der Erde besteht in Trennung und Vereinigung, kurz in Umlagerung. Und doch müssen alle die Bruchstücke, aus denen ein Festland sich zusammensetzt, eine gemeinsame Grundlage haben, die sie über den Meeresspiegel hinaushebt. So wie alle Häuser einer ins Meer gebauten Stadt wie Amsterdam oder Venedig ein gemeinsames Fundament haben müssen, um im Meere sicher zu stehen, so müssen auch die Stücke, aus denen ein Festland zusammenwächst, auf einem Fundamente ruhen, das älter und größer ist als sie. In diesem Sinne kann ich sagen: Ich kenne zwei Erdteile Europa: das Europa, das heute ist, und eine Stelle der Erde, wo mancherlei geologische Veränderungen sich vollzogen haben, die in der Bildung dieses Europa gipfelten. Ein geographisches und ein geologisches Europa!

Ein Erdteil ist also bei allen inneren Unterschieden eine Einheit und keine zufällige Vereinigung. Ist nun damit das Recht gegeben, in den Fundamenten der Festländer große Aufwölbungen, vergleichbar den Gebirgsfalten, und in den Meeren die dazwischen liegenden Thäler zu sehen? Wir bezweifeln es, wenn auch, nach Humboldt, selbst Dana von dem Thal des Atlantischen Ozeans zwischen den Falten Europas und Amerikas gesprochen hat.

Ein Festland ist aber eine Einheit noch aus anderen Gründen. Aus wie vielen Kernen oder Urschollen auch immer Asien, Afrika oder irgend ein anderer Erdteil zusammengewachsen sein mögen: jedes Inselchen, jede Delta-Anschwemmung, jeder vulkanische Schuttkegel, der sich ihnen anfügte, alle gerieten von dem Augenblick ihres körperlich gewordenen Zusammenhanges unter den Einfluß der Masse, an die sie sich angliederten, deren fließende Gewässer nun über sie hinrannen, deren Staub auf ihre Oberfläche fiel, deren kontinentaler geartete Luftwellen

andere Luftdruck-, Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse brachten, mit der ein gemeinsamer Gezeiten- und Brandungsgürtel sie verband.

Löst man aus diesem Zusammenhange die älteren und jüngeren Stücke, so erhält man aus jedem Teil der Erde mehrere Inseln, die einst zu größeren Ländern dadurch zusammenwuchsen, daß jüngere Stücke sich zwischen sie hineinlegten. Jene älteren Stücke können aber früher in einem anderen Zusammenhange gestanden haben, der sich später löste, und es ist denkbar, daß in verschiedenen Erdteilen von heute sich Bruchstücke eines einzigen älteren Erdteiles finden, gerade so wie zu einer anderen Zeit Bruchstücke verschiedener Erdteile zu einem einzigen neuen zusammengewachsen sein können. Damit rücken Festländer und Inseln in eine verwandtschaftliche Nähe zusammen, wie weit sie auch sonst voneinander geschieden sein können. Jede Insel kann Bruchstück eines einstigen Festlandes sein, jedes Festland kann sich einst in Inseln auflösen. In diesem Sinne sind Inseln und Festländer eins. Beide sind das Material, aus dem die Erdgeschichte neue Länder formte oder formen wird, und die Verteilung von heute ist immer nur ein Übergang. Südafrika, Madagaskar und Vorderindien sind die Trümmer eines alten Erdteiles Indo-Afrika; und Nordafrika ist Bruchstück eines Erdteiles, der das heutige Mittelmeergebiet samt großen Stücken von Vorderasien umfaßte. Ja, wir können noch weiter gehen und sagen: Afrika dürfte in der Zeit der karbonischen Gebirgsfaltungen sogar mit Südamerika zusammengehangen haben, da Chile und Ostafrika Litoraltiere beherbergen, die an einer zusammenhängenden Küste hin gewandert sein müssen. Vielleicht reichte so weit die Südküste des alten Indo-Afrika.

Die Entwickelungsgeschichte der Festländer gibt uns das Mittel zum Verständnis ihrer Form und Lage, Bodengestalt und Bewässerung und vor allem ihrer Lebewelt. Die Geographie muß zwar die Festländer betrachten, wie sie sind, und kann einseitig geologische Klassifikationen nicht brauchen, die den natürlichen Zusammenhang zerreißen. Aber die Ergebnisse der Geologie sollen sie über die Geschichte der Festländer aufklären, denn die für die Geographie vor allem wichtige Gegenwart der Festländer trägt die Spuren ihrer Geschichte, und diese Geschichte wirkt in die Gegenwart fort. Wenn man erkannt hat, wie und wann die einzelnen Stücke sich vereinigt haben, wird man das Ganze viel besser verstehen, das daraus hervorgegangen ist.

E. Sueß sagt: „Sowenig man den gegenwärtigen Stand eines Staates zu beurteilen imstande ist, ohne zu wissen, wie er geworden ist, ebensowenig vermag man über das Stück des physischen Erdbodens, auf welchem dieser Staat lebt, zu einer richtigen Anschauung zu gelangen, ohne die Vorgänge zu kennen, durch welche dasselbe gebildet worden ist.“ Wenn man diese Ansicht billigt, braucht man trotzdem nicht den Schluß daraus zu ziehen, daß nur eine Klassifikation auf erdgeschichtlicher Grundlage die natürliche Klassifikation der Erdteile sein könne. Für eine mit der Gegenwart der Erde sich beschäftigende Wissenschaft wie die Geographie ist der bestehende Erdteil von unvergleichlich größerer Wichtigkeit als irgend ein vor ihm gewesener. Sein Anrecht auf Beachtung ist greifbar; es beruht in den Wirkungen seines Daseins. Von den endlosen Reihen der vorher dagewesenen Erdteile ist jeder im wesentlichen dem anderen gleichwertig, und alle sind nach ihrer Bedeutung durch eine tiefe Kluft von der Gegenwart getrennt, die unter dem Einfluß der Erdteile von heute steht. Die erdgeschichtliche Begründung der Klassifikation der Erdteile würde übrigens viel einleuchtender sein, wenn die Verschiedenheit der erdgeschichtlichen Entwickelung zu Ergebnissen geführt hätte, die weiter auseinander lägen. Allein die Erdgeschichte arbeitet mit demselben Grundmaterial, und ihre Ergebnisse haben einen sehr übereinstimmenden Charakter; mit anderen Worten: für die Geographie ist es wichtiger, die Formen und die stoffliche Zusammensetzung einer Ebene oder eines Gebirges zu kennen, als das geologische Alter seiner Bestandteile.

Jedes Festland besteht aus einem oder mehreren Kernen alter kristallinischer und Schiefergesteine, um welche jüngere Schichten mantelartig angelagert wurden. Diese Kerne waren dabei

nicht rein passiv, sondern wirkten wie Kristallisations-Mittelpunkte oder -Achsen. Der angelagerte Sedimentmantel konnte gehoben, gefaltet, seiner Masse nach umgewandelt (metamorphosiert) werden, so daß die Reihenfolge der Anlagerung oft gar nicht mehr genau festgestellt werden kann; aber oft gelingt es, Schicht für Schicht zu verfolgen, indem man von den ältesten Teilen eines Festlandes zu den jüngeren, von der Kernmasse im erdgeschichtlichen Sinne zu den peripherischen Massen fortschreitet. Wenn wir in Afrika von Süden nach Norden gehen, kommen wir aus einem älteren Süd- und Mittelafrika in ein jüngeres Nordafrika. In Nordafrika lagen und liegen Afrikas Annäherungen und Verbindungen mit Europa. Und wie jung ist die heutige Gestalt Süd- und Westeuropas! Wie kurz erst sind seine Inseln von ihm getrennt, wie nahe liegt, erdgeschichtlich gesprochen, die Epoche, in der ein Tertiärmeer im Rheinthale südwärts, im Donauthale westwärts vordrang und die fruchtbaren Becken, in denen sich merkwürdigerweise ohne Ausnahme große Städte entwickelt haben, wie Paris, London, Wien, Bordeaux, Mainz, Meeresbecken waren? Aber wie alt ist im Vergleiche damit der Boden des europäischen Rußlands, dem alle diese Veränderungen fremd blieben!

Solche alte Stücke liegen außer in Osteuropa im nördlichen Nordamerika, im Inneren von Südamerika, in Süd- und Mittelafrika, in Südindien, in Ostaustralien. In mesozoischer Zeit scheint einem zentralasiatischen Mittelmeer ein nordasiatischer Kontinent gegenüber gelegen zu haben, entsprechend dem Gondwanaland Südasiens, von dem Vorderindien und Madagaskar Reste sind. Westsibirien dagegen ist ein junges Land, in dem wir die Wachstumsringe der von Süden nach Norden fortschreitenden Bodenbildung unterscheiden: das Gebiet der Schwarzen Erde im Süden entspricht dem schon in der mittleren Tertiärzeit trockenen Lande, das Gebiet der pleistocänen Süßwasserablagerungen in der Mitte trägt Wälder und Sümpfe, und das Gebiet des Inlandeises ist heute die Tundra des Eismeerrandes.

Es ist ein Gesetz der Erdoberflächenbildung, daß *alle Bodenverschiebungen zu einer Zeit immer nur enge Bezirke ergreifen, und daß große Veränderungen nur aus kleinen entstehen, die sich aneinanderreihen.* Daher Mosaikarbeit in den Erdteilen, mannigfaltigste Umriß- und Tiefengestaltung in den Meeren. Alles, was man geographische Mannigfaltigkeit nennt, entfließt diesem Gesetze. Darum sind auch die größeren Züge, die diese Stückarbeit beherrschen, immer nur zerstückt und verschoben zum Ausdrucke gekommen. Wir haben keine Alpenfalte, sondern tausend neben- und hintereinander liegende Falten und Fältchen, die zusammen die Alpen bilden. Und wir haben nicht *ein* Mittelmeer, sondern eine Ansammlung von Becken, Straßen, Inseln und Halbinseln, die das Mosaikbild des Mittelmeeres zusammensetzen. Daß aus jenen die Alpen geworden sind, liegt in der Zusammendrängung der Faltungen auf dieser Erdstelle, und daß aus diesen das Mittelmeer geworden ist, liegt in dem ursächlichen und räumlichen Zusammenhange der einzelnen Einbrüche. Es gibt Festländer, bei denen die Zusammensetzung aus sehr kleinen Bestandteilen an der Oberfläche entschieden vorherrscht, und es gibt andere, in deren Bau ein großer Plan sofort zu erkennen ist. So stehen Nordamerika und Europa einander gegenüber: ein Erdteil von großer Einfachheit neben einem aus Bruchstücken zusammengesetzten Erdteil. Aber die großen Züge Amerikas sind doch auch nur stück- und schrittweise gewachsen und geworden, ebenso wie die kleineren Europas.

Kleine, aber für die heutige Verteilung von Land und Wasser höchst wichtige Bildungen haben erst in den jüngsten Epochen der Erdgeschichte Verbindungen und Trennungen hervorgerufen. Amerika in seiner heutigen Gestalt trennt erst seit dem Ende der Tertiärzeit den Atlantischen vom Stillen Ozean. Mittelamerika ist eine vielbewegte Stelle. Noch im Pliocän

verband ein Hochland wie Mexiko Nord- und Südamerika, worauf ein doppelter Wechsel von Senkung und Hebung dem heutigen Zustande voranging, dessen Grundlagen erst in der Diluvialzeit gelegt worden sind, wo die Landenge von Panama die Brücke zwischen Nord- und Südamerika baute und die beiden Ozeane schied. Was ist die Straße von Gibraltar (vgl. die Karte, S. 268) anderes als einer von zahlreichen Querbrüchen in dem Südzuge des Sierra Nevada-Atlas-Systems?

Bedenkt man die ungeheueren Folgen solcher ganz örtlichen Trennungen für alle Länder und Meere der Erde, so hat man eine Vorstellung von dem, was „kleine Ursachen, große Wirkungen“ in der Erdgeschichte bedeutet.

Festlandtrümmer.

Durch alle Meere sind Inseln zerstreut, welche die einstige Zugehörigkeit zu größeren Ländern bekunden. Die Atlantis des Plato war sicherlich nur ein Traum, aber ebenso gewiß hat einst eine wirkliche Atlantis bestanden, von der freilich diese erdichtete ganz unabhängig war. Die Lebewelt der Inseln vor den Atlantischen Küsten Südeuropas und Nordafrikas umschließt manche Zeugen alten Zusammenhanges mit Europa. Nördlich von der erstgenannten hat eine andere Atlantis gelegen, deren Trümmer von Irland bis Grönland reichen, und die sich vielleicht bis in die Breite Portugals erstreckte. Wir finden in Irland, den Shetlandinseln, den Färöer, Jan Mayen, Island, Spitzbergen und Grönland Basaltdecken von 130—180 m Mächtigkeit, welche Reste eines einst viel mächtigeren Ergusses zu sein scheinen, der großenteils in die Tiefen des Meeres versunken ist. Auch Franz Josefs-Land hat man damit in Verbindung gesetzt, das allerdings ganz basaltbedeckt zu sein scheint. Es würde also der Senkungs- und Zerstückelungsprozeß östlich von Spitzbergen stärker gewesen sein als westlich davon.

Übrigens gibt es biogeographische Stützen für die Annahme eines älteren und größeren Zusammenhanges zirkumpolarer Länder. Miocäne Pflanzenlager sind in einem vollständigen Ring um den Nordpol nachgewiesen: in Grinnell-Land, West- und Ostgrönland, Spitzbergen, König Karl-Land, an der Lena, auf den Neusibirischen Inseln, in Kamtschatka, Alaska und Banksland. Der nördlichste Fundort liegt bei 81° 45′ in Grinnell-Land, wo Feilden Taxodium Distichum, Ulme, Linde, Pappel, Birke und drei verschiedene Nadelhölzer gefunden hat. Baron Toll hat in Neusibirien ebenfalls Taxodium, daneben eine Sequoia und einige andere Koniferen, Pappeln und anderes gefunden.

So wie Australien und Ozeanien als geographischer Begriff das Ergebnis einer von Entdeckung zu Entdeckung immer weiter fortschreitenden Abbröckelung und Zerklüftung sind, so deutet ihr geologischer Bau darauf, daß sie die Trümmer eines einst viel größeren Landes darstellen. Australien muß in einer weit zurückliegenden Zeit mit anderen Teilen der Erde im Zusammenhange gestanden haben; aber es ist am frühesten abgelöst worden, wahrscheinlich schon in der Sekundärzeit, denn es hat von allen Ländern der Erde allein sich eine sehr altertümliche Fauna erhalten. Es hat dann weitere Abbröckelung erfahren, die wir an der Ostseite verfolgen können, wo die an die Inselguirlanden Ostasiens erinnernden Inselbögen von Neuseeland bis Neuguinea einen alten Zusammenhang vorgelagerten Landes anzeigen. Posttertiäre Funde auf Howe Island und Moa-Funde in Australien sprechen für eine noch ziemliche junge Verbindung zwischen Australien und Neuseeland. Und noch später muß Neuseeland bis zu den Norfolk- und Chathaminseln sich erstreckt haben. Australien selbst liegt zum Stillen Ozean und speziell zu der tiefen Tasmansee so wie Südamerika zu dem Stillen Ozean; auch hier eine dem Ozean zugekehrte Kordillere, die ganz Australien umfaßt, und dahinter ein altes Tafelland. Wahrscheinlich lag der Ostrand dieser Kordillere einst da, wo nun das große Küstenriff

Nordostaustralien umgürtet. Ob auch die Inseln des zentralen Stillen Ozeans, das eigentliche Polynesien, ein Trümmerwerk sind, ist erst festzustellen. Es sprechen biogeographische Thatsachen dafür.

Wo Granite und kristallinische Schiefer auf Neukaledonien, den Palau-Inseln, Neubritannien, den Markesas erscheinen, muß auch im Stillen Ozean ein altes Land gewesen sein, dessen Senkung die Koralleninseln unzweifelhaft bezeugen und die Vulkane wahrscheinlich machen. Verwandte Landschneckenformen in Hawaï und Neukaledonien, Verwandtschaft der Süßwasserfauna polynesischer Inseln mit südamerikanischen Süßwasserbewohnern lassen ein altes pacifisches Land von gewaltiger Größe vermuten, das versunken und zum Teil auch wieder gehoben ist. Die phantastische Ansicht einiger Geologen, der Stille Ozean sei das ursprünglichste Wasserbecken, das wir besitzen, „eine Vertiefung der Erdkruste, die schon die ersten Niederschläge verdichteter Dämpfe aufzunehmen im stande war", hindert uns nicht, dieses alte Festland deutlich zu erkennen. Ganz besonders Südamerikas Beziehungen zu Inseln im westlichen Stillen Ozean sind zu eng, selbst in beschränkten Landschneckengattungen, wie Bulimus, um nicht auf Landverbindung gedeutet werden zu müssen. Anderseits liegen auch Anzeichen eines alten Zusammenhanges Neukaledoniens, Neuseelands und Australiens vor. Australien hat sich aber daraus in der Kreidezeit zuerst gelöst. Dazwischen mögen Teile des Stillen Ozeans uralt sein. Das Wachstum dieses Ozeans nach Südwesten zu und seine Verbindung mit dem Eismeere, seine Trennung vom Atlantischen Ozean sind sicherlich jung. Noch heute bezeichnen die Alëuten den südlichen Außenrand des Kontinentalplateaus, das noch in der Diluvialzeit an der Stelle des nördlichen Stillen Ozeans lag. Auf den Pribylow-Inseln sprechen Mammutreste für einen spätdiluvialen Zusammenhang mit Amerika.

Auch der Indische Ozean ist erst in der Tertiärzeit entstanden; auf seinem Boden liegen Trümmer der Karruformation von Südafrika, der Gondwanaschichten von Indien und entsprechender Ablagerungen Madagaskars. Sandsteine und Konglomerate mit ihren bezeichnenden Pflanzen- und Reptilienresten, sogar mit übereinstimmenden Eiszeitresten, die wir in den angegebenen Ländern finden, sind alles Trümmer eines paläo- und mesozoischen Landes, das einst die Stelle des Indischen Ozeans einnahm.

Die angebliche Persistenz der Festlandkerne und Meeresbecken.

Lehrt uns der Blick in eine frühere geologische Vergangenheit Veränderungen kennen, welche die Verteilung des Festen und Flüssigen auf der Erdoberfläche in jeder Periode der Erdgeschichte eine andere werden ließen, so dürfen wir daraus doch keineswegs den Schluß ziehen, daß solche Veränderungen sehr oft und sehr leicht einzutreten vermöchten. Zu oft hat man auch in der Geographie vergessen, daß das, was an erdgeschichtlichen Ereignissen hinter uns liegt, über Millionen von Jahren sich verteilt und mit dem Maßstabe der Menschengeschichte, die wir etwas zu hochtrabend Weltgeschichte nennen, nicht gemessen werden darf. Es muß scharf betont werden, daß es unlogisch ist, den gewaltigen, in langsamem Tempo und längsten Zeiträumen sich abspielenden Vorgang der Entstehung oder des Vergehens eines Erdteiles leichter Hand als nur hypothetische Annahme zur Erklärung klimatischer oder biogeographischer Änderungen an der Erdoberfläche heraufzubeschwören. Ich möchte vielmehr den Sinn des Wortes „Festland" deuten als ein Land, das vermöge seiner Größe und seiner Fundamente die Kraft hat, fest zusammenzuhalten.

Das versunkene Land Platos wurde zur Erklärung merkwürdiger Übereinstimmungen alt- und neuweltlicher Pflanzen- und Tierformen aus seiner Traumtiefe gestört, wie die Erde in der Schöpfungssage der Maori heraufgefischt, und als Festlandbrücke neu aufgebaut. Oswald Heer bediente sich in den fünfziger Jahren einer doppelt fundierten Atlantis, die im Norden und in der Mitte des Atlantischen Ozeans Amerika und Europa verbinden und aus Europa in tertiärer Zeit eine Halbinsel Amerikas machen sollte. Er griff auf den platonischen Namen zurück, und so wurde des Dichterphilosophen mythisches Land auf wissenschaftlichen Karten neu geboren. Forbes verwendete zur selben Zeit die Atlantis als ein Zufluchtsgebiet für die

Tier- und Pflanzenwelt Irlands in der Eiszeit. Sehr merkwürdig mutet uns dabei der Wissenschaftsstolz des modernen Gelehrten an, der behauptet, seine Atlantis habe mit der platonischen so wenig gemein wie der Pterodaktylus mit dem Lindwurm der Sage (Oswald Heer). Heute, wo die Einseitigkeit gerade der Heerschen Begründung der Atlantis erkannt ist, erscheinen uns die beiden Atlantiden als nahe verwandte Phantasiegebilde, dort leicht entsprungen, hier mühsam zusammengedacht. Daß Platos Dichtung das rosenfarbene Gewand der Phantasie, die Heers das graue der Reflexion trägt, täuscht nicht darüber, daß sie im Grunde von einer Familie sind. Derselben Neigung, Lücken in der Verbreitung der Lebewesen kurzweg mit einem Erdteil auszufüllen, huldigte Broca, der die weite Verbreitung der Polynesier über die Inseln des Stillen Ozeans damit erklärte, daß sie früher ein zusammenhängendes Land bewohnten, das in Trümmer ging. Auf diesen Trümmern blieben einige sitzen; die Trümmer sind die Inseln, die sitzengebliebenen Völkerreste sind die Polynesier. Diese Ansicht hat übrigens Broca von Dumont d'Urville ererbt, der sie seinerseits bei Quiros fand. Ein genialer Völkerbeobachter, der früh vollendete Hildebrandt, findet, um das Vorhandensein von ein paar Hunderttausend Negern auf Madagaskar zu erklären, es nötig, den Kanal von Mosambik mit einer Schar von Vulkaninseln zu besetzen, die heute dort verschwunden sind, und für welche auch die Gestalt des Meeresbodens dort nicht den geringsten Anhalt bietet. Sclaters Lemuria, zur Erklärung von Verbreitungsverhältnissen erfunden, die zum Teil später sind als das alte indoafrikanische Land, ist ein weiteres Beispiel solcher Phantasien.

Als diese hypothetischen Festländer hervorgezaubert wurden, keimte gleichzeitig eine Anschauung auf, die sie alle miteinander an der Wurzel treffen sollte. Das ist die von Dana zuerst 1855 ausgesprochene und 1863 in der ersten Auflage seines „Manual of Geology“ näher ausgeführte Ansicht von der Persistenz der Festländer und Meeresbecken. Sie ruht auf folgenden Grundsätzen: In der Primordialzeit begann bereits die durch Abkühlung des Erdinneren bedingte Bildung von Falten, welche die heutigen Meere und Festländer vorbereitete. In den Festländern wurden nur die Ränder durch den Druck der sinkenden Meeresräume gefaltet, gehoben, metamorphosiert und mit Vulkanen ausgestattet. Die Abwesenheit der Vulkane im Inneren der Kontinentalräume betrachtet Dana als einen der Belege für die verhältnismäßige geologische Ruhe derselben. Für Nordamerika hält er einen primordialen Zustand, in dem der ganze Kontinent teils im Meeresniveau, teils wenig über oder unter demselben sich befand, für bewiesen, für die übrigen Kontinente nimmt er ihn für wahrscheinlich an.

Agassiz bekannte sich zu der Ansicht Danas, die er durch seine Beobachtungen über die Natur des Tiefseeschlammes stützen zu können vermeinte. Er sagt in dem Bericht über Tiefseeuntersuchungen im Golfstrome: „Was ich vom Meeresboden gesehen habe, führt mich zu der Ansicht, daß unter den Gesteinen, welche die Hauptmasse der geschichteten Erdrinde bilden, wahrscheinlich keine von der ältesten bis zur jüngsten Formation sind, welche in sehr tiefem Wasser gebildet wurden.“ Das Studium der Messungsresultate der Challenger Expedition erweckte in J. Geikie dieselbe Überzeugung, die er 1879 in die Worte kleidete: „Aus allen diesen Thatsachen folgt, daß das gegenwärtige feste Land der Erde, wiewohl in ausgedehntem Maß aus marinen Ablagerungen sich aufbauend, nie in großen Meerestiefen sich befand, sondern daß es immer dem Lande nahe lag. Selbst die dicken marinen Kalksteine sind Absätze in vergleichsweise seichtem Wasser... Die gegenwärtigen Kontinentalfalten bestanden wahrscheinlich immer in irgend einer Form, und als Folge daraus schließen wir, daß auch die gegenwärtigen tiefen Meeresbecken gleichfalls aus entlegenen geologischen Zeiten stammen.“

Dieselbe Auffassung ist später auch von Whitney vertreten worden, aber nicht als eine Forderung der Logik, sondern als eine Vorstellung, die den Vorzug der Einfachheit vor den versinkenden und wieder aus Meeren auftauchenden Kontinenten habe. Natürlich kann ein solches subjektives Motiv kein Gewicht beanspruchen; wenn wir die wirkliche Entstehung der Kontinente erst einmal erkennen, wird sie auch einfach sein. Was hier einfach genannt wird, verbirgt in Wahrheit eine kurzsichtige Auffassung. Man läßt sich von der Tiefe der Meere und der Höhe der Festländer imponieren und verzichtet darauf, so gewaltige Größen für hinfällig zu halten. Ehe man an die Persistenz der Festländer und Meeresbecken glaubt, sollte man sich die Frage vorlegen: walten auf der Erde Kräfte, die stark genug sind, Meere auszufüllen und Länder in Meerestiefen zu versenken? Wallace erklärte sogar zuerst alles für permanent, was unter 1000 Faden liegt, dann ging er auf 2000 Faden herab. Übrigens ist er ohne Beachtung der Einbrüche nur von Schaukelbewegungen ausgegangen. Ist es nicht merkwürdig, wie diese ganze Lehre hauptsächlich in anglokeltischen Köpfen entstanden und ausgebildet worden ist? Die festländischen Gelehrten haben spät auch nur Stellung dazu genommen. Überraschend dagegen ist, daß gerade in Amerika die Lehre von der Persistenz der Meeresbecken so großen Anhang fand, wo man doch in erster Linie zur Erklärung der in den Alleghanies aufgeschütteten Masse einen großen Kontinent östlich vom heutigen Nordamerika und außerdem aus biogeographischen Gründen altatlantische und altpacifische Kontinentalverbindungen im Norden und Süden braucht.

Sicherlich ist ein großer Teil der Meeresablagerungen, die heute die Erdoberfläche bilden, nur am Strande oder in wenig tiefen Meeresbecken entstanden. Wo Sand, Thon, Mergel, thonige Kalksteine übereinander geschichtet sind, da haben wir kein tiefes Meer vorauszusetzen. Aber ebenso bestimmt berichtet uns die Geologie eine Anzahl von Fällen, wo ein vorher seichtes Meer allmählich Tiefsee wurde und umgekehrt. Die Versteinerungen lassen keinen Zweifel an solchen Wandlungen, die über weite Flächen hin zugleich eintraten. Die norddeutsche Kreide zeigt diesen Übergang vom Seichtmeere mit sandigen und thonigen Absätzen zur Tiefsee mit Kalksteinen. Die Radiolarienschichten und die roten Thone, die sich an den tiefsten Stellen der heutigen Tiefsee bilden, sind in den Gesteinen des trockenen Landes nicht selten. Die Verbindung tiefmariner und fluviatiler Schichten im Kulm des reußischen Vogtlandes ist ein Zeugnis der Nachbarschaft und des Wechsels in engem Raume scheinbar entlegener, entgegengesetzter Bildungen der Erdoberfläche. Alle diese Vorkommnisse erinnern uns daran, daß die Tiefenunterschiede der Meere im Vergleiche zum Erdganzen doch recht unbedeutend sind.

Thatsächlich sind an dem Aufbau der Festländer mächtige Sedimente beteiligt, die auf tiefe Meere hinweisen an Stellen, die heute mitten im festen Lande gelegen sind. Wir erinnern an die Tausende von Metern triadischen und rätischen Kalksteines, die in unseren Kalkalpen übereinander so geschichtet liegen, wie sie an derselben Stelle oder wenig davon entfernt am Meeresgrunde gebildet worden sind, an die mächtigen Korallenriffe der Dolomiten, deren Fuß manches Tausend von Metern tief im Meere ruhte, oder an die paläozoischen Gesteinsschichten, die in den Aufbau der Hochländer von Zentralasien oder der Anden eingehen. Wo heute in Tibet hohe Gipfel aufragen, war noch in der mesozoischen Zeit ein Meer, das 3000 m mächtige Ablagerungen hinterlassen hat, also sehr tief gewesen sein muß. Genug Festlandgebiete gibt es, wo die alten Meeresgesteine so hoch, wie das Weltmeer im Durchschnitt tief ist, übereinander lagern. „Wie tief muß aber“, fragen wir mit Sueß, „nach den herrschenden Voraussetzungen die Senkung eines Landstriches einst gewesen sein, wenn nicht etwa seine Meeresbedeckung, sondern wenn sogar die Sedimente eine solche Mächtigkeit erreichten?“ Denn über diesen Sedimenten muß ja ein gewaltiges Meer gewogt haben, in dem jene aufgelöst waren, aus dem sie sich niederschlugen. Übrigens liegen auch in jüngst gehobenen Koralleninseln des Stillen Ozeans unter dem Riffkalke Mergel mit Foraminiferen, die nur in Tiefen von 3—4000 m vorkommen.

Und doch hat die Lehre von der Permanenz der großen Züge der Erdoberfläche eine gewisse Berechtigung, die allerdings ganz anders zu begründen ist als bei Dana oder Agassiz. Die Festländer und Meere sind deswegen so dauerhaft, weil die Innenbewegungen der Erdrinde zu klein sind, um ein ganzes Meeresbecken oder ein ganzes Festland zu ergreifen. Nur das Zusammentreffen dieser Einzelbewegungen kann Änderungen in großen Räumen bewirken. Wir haben den mosaikartigen Charakter der land- und meerbildenden Bewegungen in der Erdoberfläche kennen gelernt. Nehmen wir das Mittelmeer als Beispiel. Auf der verhältnismäßig nicht großen Fläche, die es einnimmt, sehen wir einen Prozeß des Zerfalles von der Tertiärzeit bis an die Schwelle der Gegenwart sich vollziehen. Langsam bricht ein Stück nach dem anderen in die Tiefe, zuletzt wohl der Nordosten, wo das Ägäische Meer, die Propontis und der südliche Teil des Pontus sich bilden; jung ist auch der nördliche adriatische Golf. Die Gestalt des insel- und buchtenreichen Meeres zeigt diese stückweise Entstehung, deren Ursache langsam von Westen nach Osten und von Süden nach Norden gewandert ist.

Wir sehen also immer nur partielle Verschiebungen der Erdteile und Meere vor sich gehen. Die Entwickelung des Mittelmeeres war eine örtliche Erscheinung, wenn auch in ansehnlichem Stil, die doch nur einen kleinen Teil Europas betraf, das übrige Europa blieb ruhig bestehen, als die alte „Aegaeis" und die „Tyrrhenis" in die Tiefe gingen. Und um so geringer mußte der Einfluß aller dieser Verschiebungen auf die Gesamtheit des Weltmeeres sein, je mehr ihr Betrag in der alle Landmasse so weit überragenden Durchschnittstiefe des Meeresbeckens verschwand.

Gerade das Mittelmeergebiet kann uns über die Berechtigung der „Permanenz der Kontinente" noch in anderer Richtung aufklären. Es steht mit allen seinen Veränderungen nicht allein, wir haben oben, S. 280, gesehen, wie eng verwandt es mit den anderen Mittelmeergebieten ist, die gleichen Bau und Boden haben. Sie scheinen alle drei durch eine bewegte Geschichte seit langem ausgezeichnet zu sein. Es schlang sich in der Richtung des heutigen Mittelmeeres und im Osten weit darüber hinaus schon früher ein Ozean zwischen dem Norden und Süden der Alten Welt hin: Neumayrs „Tethys", auf dessen Grund die mächtigsten Schichtenkomplexe unserer Alpen sich gebildet haben. Die großen Gebirgsfaltungen schränkten ihn ein, und er kehrte nach langen Schwankungen in der späteren Tertiärzeit in das großenteils durch Einbrüche neu gebildete Bett zurück, das wir heute Mittelmeer nennen. Aus einem Meere, das den Atlantischen mit dem Stillen Ozean verband, entstand so das Mittelmeer. Und vom australasiatischen Mittelmeere glaubt Verbeek, daß schon seit paläozoischen Zeiten zwischen Asien und Australien ein Archipel bestanden habe, und daß die Inseln nie von Malakka bis Neuguinea ein Ganzes gebildet hätten. Sicher sind einzelne Teile des Archipels in jeder geologischen Periode unter Meer gewesen. Besonders muß das in der mittel- und jungtertiären Zeit der Fall gewesen sein, ehe eine große Erhebung die westlichen Inseln mit Asien verband. Der heutige Zustand ist dann in der jungquartären und recenten Zeit entstanden, ziemlich gleichzeitig mit der Ausbildung der heutigen Gestalt des amerikanischen Mittelmeeres.

Ich verstehe also die Persistenz der Kontinente so, daß Teile der Erde wiederholten und andauernden Bewegungen unterworfen wurden, die sie von ihren Umgebungen unterschieden, während andere durch lange geologische Zeiträume hindurch unbewegt lagen. In den Mittelmeergebieten herrschten seit langem Senkungen vor, die zu Meeresbildungen führten; nördlich davon war schon lange vor der Faltung der Alpen das Endergebnis zahlloser Bewegungen eine große Landanhäufung, die um so dauerhafter wurde, je größer sie war, und die dann durch Zerfall und Niederschlagsbildung weiter wuchs. Seichte Meere, wie die Nord- und Ostsee, sind darin nur ephemere Erscheinungen. In diesem Sinne ist gerade ein so veränderlicher Teil der Erde wie Europa persistent[1]. Er steht auf einem Stück Erde, das der Landbildung unter allen Wechseln günstig blieb, auch wenn Meeresarme es tief zerschnitten. Was also persistent ist,

[1] Ich ziehe „persistent" im Sinne von „dauernd durch alle Wechsel" dem bestimmteren, scheinbar mehr sagen wollenden „permanent" vor.

das ist nicht der Kontinent und nicht das Meer, sondern der Charakter der Bodenbewegungen eines Gebietes.

Man könnte den Begriff persistent auch so fassen, daß man einen Erdteil so bezeichnete, der wenig Änderungen in einem langen Zeitraume erfuhr, in dem andere sich erheblich verändert haben. Mittel- und Südafrika könnte man persistent nennen im Vergleiche mit Europa, Australien im Vergleiche mit Asien. Doch was sind diese Unterschiede im Vergleiche mit der gewaltigen Zeit, die wir für die Entwickelung der Erde anzunehmen haben? Vermeiden wir es lieber, auf sie ein so anspruchsvolles Wort anzuwenden!

---

2. Die Inseln.

Inhalt: Die Natur der Inseln. — Die Größe der Inseln. — Die Lage der Inseln. — Die Schwemminseln. — Die Lage des Fundamentes der Inseln. — Die Inseln und der Meeresboden. — Verteilung der Inseln über die Erde. — Die Inselgruppen. — Familienähnlichkeit der Inseln. — Inseln und Berge.

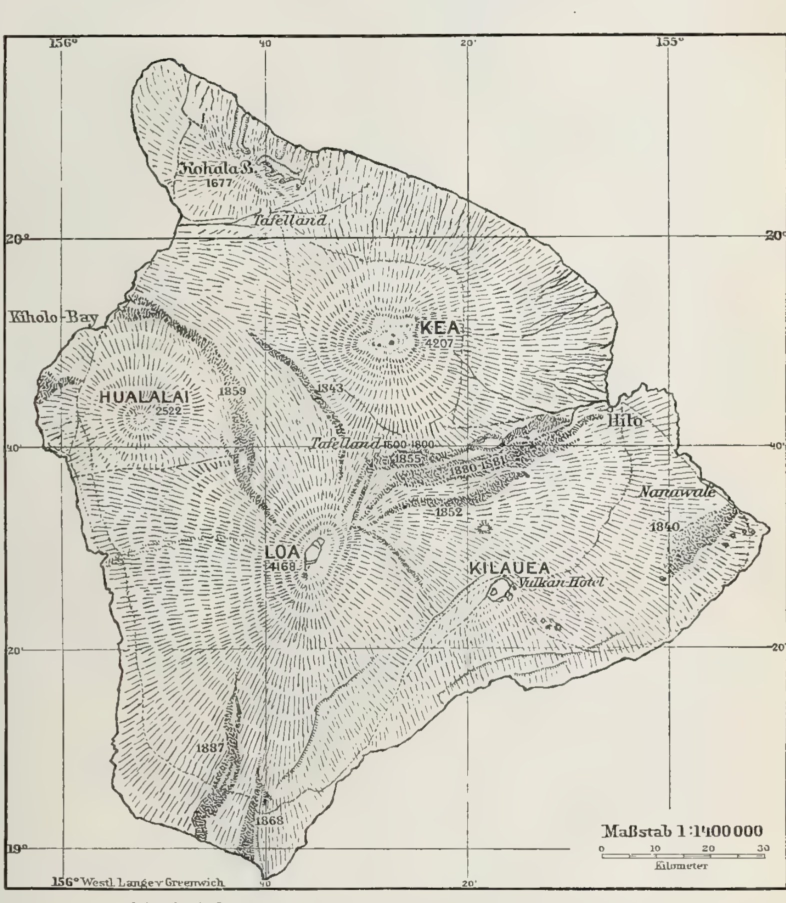
Die Natur der Inseln.

Die Inseln sind kleine, rings vom Wasser umgebene Teile der Erde, entweder Bruchstücke größerer Länder oder im Wasser neu entstanden. In ihrer Gestalt und Gruppierung walten dieselben Gesetze wie in den Gebirgsfalten und Vulkanreihen, den Senken und Abbrüchen. Gerade in den Inseln kommt die Kleinarbeit im Aufbau der Erdoberfläche so recht zum Ausdruck. Wenn die Festländer Mosaikbilder aus alten und neuen Stücken sind, so haben wir in den Inseln vereinzelte Mosaiksteine. So bleiben hauptsächlich Größenunterschiede zwischen Inseln und größeren Ländern übrig; diese sind aber nicht bloß äußerlich. Was die Festländer kraft ihrer Größe haben und bewirken, bleibt den Inseln versagt. Was weite Räume braucht, kommt auf Inseln nicht vor und nicht fort. Große Ströme und mächtige Seen gibt es auf Inseln nicht. Wo daher große Flußanschwemmungen, Lavadecken, Thäler, Höhlen und dergleichen auf Inseln vorkommen, zeigen sie an, daß die Inseln einst ausgedehnter waren. Die großen Gebirgsbildungen erstrecken sich über Räume, mit denen Inseln nicht verglichen werden können. Da nun diese Bildungen wesentliche Bestandteile des Gerüstes der Erde ausmachen, können Inseln immer nur Bruchstücke dieses Gerüstes sein. Borneo ist eine sehr große Insel, doch bildet es immer nur einen Teil des Sunda-Inselbogens. Neuseeland ist durch seine Lage und Lebewelt sehr eigentümlich, aber es stellt doch nur einen kleinen Rest eines einst großen Südlandes dar. So war auch Madagaskar einst größer. Der geologische Bau der Inseln offenbart noch mehr das Stückwerk; Inseln sind durchaus zu klein, um geologisch selbständig zu sein.

Wenn die Festländer den höchsten Grad der Ausbildung des Trockenen an der Erdoberfläche sowohl im Sinne der horizontalen Ausbreitung als der vertikalen Erhebung bezeichnen, stehen die Inseln von diesem Punkt um so weiter ab, je geringer die Masse, mit der sie über das Wasser hervorragen, d. h. ihr Umfang, ihre Höhe ist. Die höchsten Berge, die wir auf Inseln finden, Mauna Kea (rund 4210 m) und Mauna Loa im Hawaïschen Archipel, sind nur halb so hoch wie die höchsten Berge des größten Festlandes, Asiens; und doch ist Hawaï (s. die Karte, S. 307), das diese Berge trägt, mit 11,400 qkm die größte rein ozeanische Insel. Ebendeswegen sind die Festländer das dauerhafteste der Trockengebilde unserer Erde, die kleinsten Inseln dagegen das vergänglichste. Die Festländer sind nicht bloß dauerhaft durch das, was

sie selbst sind, sondern auch durch die breiten Schwellen mit seichterem Meere, die zwischen ihnen und den tieferen Strecken des Weltmeeres den Abstand größer machen, den Abfall und Gegensatz verringern. Diese Vorlagerungen sind bei Inseln selten. Die kleinsten Inseln ragen oft wie die höchsten Gipfel von steil abfallenden Bergen aus dem Meere, auf allen ihren Seiten geht es steil hinab.

Die allmählichen Veränderungen des Festen im Kampfe mit dem Flüssigen, dem Beweglichen, sind natürlich an den Inseln am sichtbarsten. Je kleiner eine Insel ist, in desto längerer Linie berührt sie sich mit dem Wasser. Kleine Inseln sind nur noch Küste. Eine Insel von 1 qkm hat 4 km Küstenlinie, eine Insel von 100 qkm hat 40 km Küstenlinie: dort kommt auf 1 km Küste 0,25 qkm Oberfläche, hier 2,5 qkm. Und gegen diese lange Linie prallt von allen Seiten die Brandung an. Inseln vergehen also rascher als gleiche Räume des Festlandes, sie sind überhaupt dem Untergange geweiht, wenn nicht zufällig von innen heraus die Erde durch Hebung sie vergrößert, erhöht, ihre Masse und damit ihre Beharrungskraft steigert. Wenn man uns von der Hallig Hooge, die 600 Hektar mißt, sagt, sie verliere jährlich vier Hektar durch Abspülung, so kommt uns ihr Dasein überhaupt ephemer, nur noch gefristet vor. Je kleiner ein Land, desto mehr gehört es dem Meere an, desto weniger dem Festlande, desto früher fällt es ans Meer zurück. Aber Inseln sind es dann auch wieder, die als die ersten Vorboten und Zeugen eines neu sich bildenden Landes dort erscheinen, wo die Tiefen sich zu vermindern beginnen, sei es durch Bewegungen des Wassers oder des Landes oder durch Anschwemmungen. Da mag wohl eine Insel, die erst losgerissen war, wieder dem Lande angeschlossen werden und ihr Sonderdasein



Die Insel Hawaï. Nach James D. Dana. Vgl. Text, S. 306.

aufgeben. In Ostfriesland war Wasserland, durch den Einbruch des Dollart vom Festlande losgerissen, Insel, bis die Versandung der „alten Ems" es wieder dem Festlande verband.

So ist denn von der Betrachtung der Inseln eine entwickelungsgeschichtliche Auffassung mit doppeltem Rechte zu fordern. Sie stehen dem Werden und Vergehen des Landes näher als das große Festland, sie lassen große Umgestaltungsprozesse an der Erdoberfläche leichter erkennen. Die Entwickelung der Festländer zeigt ein Hervorgehen aus Inseln und ein Zerfallen in Inseln. Dort haben wir Inseln als Neubildungen, hier als Reste und Trümmer. Wir sehen Inseln als Neubildungen unter unseren Augen hauptsächlich auf drei Wegen entstehen: durch Vulkanausbrüche, Korallenbauten und Anschwemmungen. Was wir nicht sehen, was aber am letzten Ende wirksamer ist als alle drei genannten Ursachen, das sind die Vorbereitungen zur Neubildung von Inseln, die in Anschwellungen des Meeresbodens liegen. Untermeerische Gebirgsfalten bilden die Fundamente von Inselreihen, deren Aufragen aus dem Meer ebendeshalb so entschieden an das Auftauchen einer Reihe von Berggipfeln aus einem das Gebirgsfundament verhüllenden Nebelmeer erinnern. Korallentiere, die sich von jeder Wölbung emporbauen, vervielfältigen noch die Hervorragungen; auf ihnen zählen die Inseln und Inselchen nach Tausenden. „Insulae numero intra 7000 et 8000", heißt es im Orteliusschen Atlas auf der Karte India von den Malediven. Inseln, in deren Schichten neugebildete Tiefsee-Ablagerungen aus 4000 m Tiefe eingeschlossen sind, gehören zu den deutlichsten Beweisen großer Hebungen überhaupt.

Wo Festländer der langsamen Zerstörung durch die vom Meere langsam vorschreitende Brandungswelle unterliegen, sind ebenfalls Inseln das erste Erzeugnis. In Lage und Beschaffenheit erinnern sie oft noch an das Festland, von dem sie die Trümmer sind. So zeigen uns die vorgelagerten Inseln und Eilande von Lemnos bis Kos die einstigen Ränder Kleinasiens. Und wenn Kleinasien sich einst heben sollte, würden sie auch die künftigen Ränder sein. Die Düneninseln der Nordsee, die Tausende von Schären Finnlands, die Scoglien[1] an der dalmatinisch-istrischen Einbruchsküste, die nur durch schmale, fjordähnliche Sunde vom Festlande getrennten Klippeninseln in den Fjordgebieten gehören dazu: alles kleine, meist in großer Zahl vorkommende und gesellig auftretende Eilande und Klippen. In Finnland liegen 1500 Schären allein zwischen Helsingfors und Åbo; man könnte sie den Abfall bei der Küstenbildung nennen. Das sind die kleinen Trümmerinseln, die nur ein geringes Maß von Selbständigkeit aufweisen, auch insofern, als sie am leichtesten wieder mit dem Lande sich verbinden, dem sie räumlich nahe bleiben, nachdem sie von ihm abgelöst worden sind. Nicht wenige unter ihnen verwachsen bei jeder Ebbe von neuem mit dem Lande, und viele tragen genau dieselben Bodenformen wie das gegenüberliegende Festland. „Die Rundhöcker des schwedischen Flachlandes kehren in den Schären wieder, die Scoglien Istriens entsprechen den zahllosen isolierten Kalkbuckeln der Halbinsel, die langgedehnten Inseln Dalmatiens den langen Bergrücken des Festlandes." (Penck.) Sogar die wunderlichen Umrisse von Sylt könnte man sich aus der Westküste Jütlands mehrfach herausschneiden; s. die beigeheftete Karte „Die Insel Sylt". Auch Rügen hat den Typus der kimbrischen Halbinsel.

Der Mensch schließt Inseln an Festland an, aber er bildet auch Inseln, indem er Landvorsprünge abschneidet. So ist im Åland-Archipel Lemland, das durch eine 1 km breite Landenge mit der Hauptinsel zusammenhing, durch einen Schiffahrtskanal zu einer besonderen Insel geworden.

[1] Scoglia, ursprünglich Hülse, Schale, dann auch Klippe, Fels.


DIE INSEL SYLT
und das
UMLIEGENDE WATTENMEER.
Maßstab 1 : 200000
Kilometer
Watten
0 - 2 Meter tief
2 - 5
5 - 10
10 - 20
über 20 Meter tief
RÖM
Haff-Sand
Havneby
Rüst-Sand
Römer Tief
Ellenbogen
Königs-Hfn.
Jordsands-Flach
Jordsand
List
List-Land
Hoyer Tief
Knack
Lister Ley
Robben-Sände
Kampen
Pander Tief
Butter-Sand
Rauling
Westerland
Munkmarsch
Wester Ley
Hesten Dragt
Keitum
SYLT
Mittel Sand
Morsum
Rantum
Oster Ley
Steenack
Rantum Lohe
Eidum Tief
Föhrer-Schulter
Hörnum
Hörnum Tief
Liin Sand
Hörnum Loch
Hörnum Odde
Klintum
Wester Ld.
Oster Ld.
FÖHR

Die Größe der Inseln.

Gehen wir von der Größe aus, so sind die drei Landmassen ohne Zweifel die ersten und größten Inseln. Wenn wir aber die Grenze überschreiten, die nach wohlbegründetem Herkommen die Festländer von den Inseln trennt, so wird die Absonderung schwerer. Der Abstand zwischen Australien und Grönland ist noch groß genug. Zur Not sind noch die „großen" Inseln von mehr als 500,000 qkm zu einer Gruppe zu vereinigen.

Zu einer Zeit, wo man über den Abschluß Grönlands im Norden noch nichts wußte, wo daher Petermann Grönland als die südöstliche Halbinsel eines großen Nordpolarkontinentes auffassen konnte, sagte der Grönlandforscher E. K. Kane: „Wie inselhaft Grönland sich einst erweisen möge, an Masse ist es entschieden kontinental. Seine kleinste denkbare Längsachse von Kap Farewell bis zu nahezu 80° gibt eine Länge von nahezu 1200 engl. Meilen, was unwesentlich weniger ist als die Ausdehnung Australiens." Man könnte noch hinzufügen, daß der Vergleich eines Polarlandes mit einem Land anderer Zonen sich gar nicht rein auf den Flächenraum stützen kann. Dieser Vergleich ist insofern nicht unmittelbar zulässig, als mit dem Ersatz des Wassers in Strömen, Flüssen und Seen durch das zähfließende Eis der Gletscher auch das Tiefland hier wegfällt. Daher sind bei derartigen Vergleichen auch die vertikalen Dimensionen mit in Betracht zu ziehen. Grönland liegt in großer Ausdehnung 2—3000 m über dem Meere, seine mittlere Höhe ist vielleicht das Zehnfache von der Australiens.

Dann bleibt aber noch eine Masse der allerverschiedensten Inseln, die nach Lage, Entstehung, Material, Gruppierung so weit auseinander gehen, daß gegen diese Mannigfaltigkeit das Motiv der Größe nicht aufkommt. Die Inseln von mehr als 100,000 qkm Oberfläche sind: Grönland 2,200,000, Neuguinea 785,000, Borneo 735,000, Baffinsland 605,000, Madagaskar 590,000, Sumatra 420,000, Hondo (Nippon) 225,000, Großbritannien 218,000, Wollastonland 198,000, Lincoln-Grant-Land 190,000, Celebes 180,000, Neuseeland (Südinsel) 155,000, Java 125,000, Neuseeland (Nordinsel) 115,000, Kuba 112,000, Neufundland 110,000, Luzon 107,000, Island 105,000 qkm.

Wenn wir alle übrigen Inseln betrachten, so finden wir nur einige wenige allgemeine Beziehungen zwischen ihrer Größe und ihrer Natur. Alle großen Inseln sind Landbruchstücke. Es gilt das selbst von solchen, die man sonst geneigt war, als vulkanische zu betrachten, weil sie von Reihen thätiger Vulkane durchzogen sind, wie Sumatra und Java. Auch die größten in größeren Gruppen zeigen diese Merkmale, so Viti Levu in der vorwiegend aus vulkanischen und Koralleneilanden zusammengesetzten Vitigruppe. Schwemminseln können nur mäßige Größen erreichen und sind außerdem raschen Verkleinerungen ausgesetzt. Echte Vulkaninseln sind immer von geringer Größe; die größte ist Hawaï (11,400 qkm). In gemischten Archipelen sind die reinen Vulkaninseln immer die kleinsten. So gehört Santorin (Thera) mit 82 qkm zu den kleinsten der Cykladen. Aus vulkanischem Gestein besteht auch die Klippe Rockall in 57° 36′ nördl. Breite zwischen Irland und Island, der Typus einer kleinsten Insel von 75 m Umfang und 20 m Höhe, ohne Erde, Sand und Wasser, die Ufer unvermittelt zu 36—45 m Tiefe abfallend.

Am kleinsten sind endlich die Koralleneilande, wiewohl ihr geselliges Auftreten sie manchmal zu größeren Inseln vereinigt.

Die Lage der Inseln.

Die Lage ist durchaus nicht bloß ein äußerliches Merkmal der Insel, sondern es spricht sich darin auch ein Teil ihrer Selbständigkeit aus. Je weiter eine Insel oder eine Inselgruppe vom nächsten Festland entfernt liegt, je breiter und tiefer das Meer dazwischen flutet, desto

größer ist auch ihre Selbständigkeit. Daher die alte Unterscheidung von kontinentalen und ozeanischen Inseln. Auch nahe bei einem Festlande kann insulare Selbständigkeit sich erhalten. Sie wird aber durch die nachbarschaftlichen Einflüsse immer mehr vermindert werden. Ströme des Festlandes schwemmen feste Stoffe ins Meer und kitten dadurch küstennahe Inseln mit dem Lande zusammen. Vgl. S. 312 und 316. Pflanzen, Tiere und Menschen wandern vom Festland ein, selbst kontinentales Klima wirkt bis auf nahe Inseln hinüber. Darum ist vor allem die Lage der Inseln in Binnen- und Mittelmeeren und in Seen minder selbständig als in freien Meeren.



Die Halbinsel Methana. Nach der englischen Admiralitätskarte. Vgl. Text, S. 313.

Natürlich ist aber nicht die Lage von heute allein entscheidend. Ceylon liegt nicht bloß nahe bei Vorderindien; es ist auch durch die von der Anschwemmungsebene des Waikarijari an der Südostseite Indiens ausgehenden und hart an der vor Ceylon liegenden Insel Manadam endigenden Sandbänke der „Adamsbrücke“ mit der großen südasiatischen Halbinsel verbunden, und war es wohl einst noch inniger als heute, in einer Zeit, wo diese Sandbänke größer waren und mehr zusammenhingen. Und dennoch ist Ceylon nach Ausweis seiner Pflanzen und Tiere ein sehr früh von Indien getrenntes Stück Land, ein selbständiger Rest des untergegangenen Indo-Afrika.

Fassen wir daher die Lage der Inseln als eine ihrer wichtigsten Eigenschaften auf, ohne zu vergessen, daß es nur eine ist, so ergibt sich vor allem ihre Entfernung von einem Land oder von anderen Inseln als ein beachtenswertes Merkmal. Die Entfernung läßt die sondernden und selbständige Entwickelungen fördernden Wirkungen der Inseln sich entfalten und ist also in biogeographischer Beziehung besonders wichtig. Ich habe daher in der „Anthropogeographie“ an die Spitze einer anthropogeographischen Klassifikation der Inseln ihre Eigenschaft gestellt, durch Lage selbständig zu sein, und folgende Abstufungen dieser Eigenschaft unterschieden:

a) Ozeanische Inseln. Durch die größte Entlegenheit am selbständigsten (St. Helena).

b) Zu Gruppen ozeanischer Inseln gehörig, dadurch minder selbständig (Oahu in der Gruppe von Hawaï).
c) Große Inseln, die mehr durch Größe, ähnlich wie die Festländer, Selbständigkeit gewinnen als durch Lage (Grönland).

Als unselbständige Landmassen sind ebendort unterschieden:
a) Küsteninseln, nicht ohne das Nachbarland zu denken (Rügen, Euböa).
b) Nahe Inseln (Formosa).
c) Inseln der Rand- und Mittelmeere (Seeland, Sardinien).



Steilküste von Helgoland. Nach Photographie.

Dazu möchten vielleicht noch als eine besondere Art die Inseln unterschieden werden, die mitten zwischen größeren Ländern liegen und Verbindungen herstellen, so wie Ägina, von Salamis 11, von Methana 9 km entfernt, gleichsam einen Brückenpfeiler zwischen Mittelgriechenland und dem Peloponnes stellt.

Wesentlich nach der Lage muß man die praktisch nicht unwichtige Frage nach der Zuteilung der Inseln an die Festländer entscheiden. Solange man bei den Einteilungen der Erde nur die Festländer für wichtig hielt, teilte man ihnen die Inseln rein nach der Lage zu, einerlei, wie ihre Vergangenheit und ihr Verhältnis zum Meeresboden sein mochte. Sie mußten zu irgend einem Lande gehören und, wenn nötig, ihm künstlich zugeschoben werden. Das ist einfach bei unseren deutschen Nordseeinseln, die so ganz Teil vom Körper Deutschlands sind, daß sie nach Lage, Art und Entwickelung als Glieder dieses Körpers gelten müssen. Für Helgoland (s. die obenstehende Abbildung) wollte man englische Beziehungen auch aus der Geologie konstruieren, aber Helgolands Fundamente sind echt deutsche: Zechstein und Buntsandstein; es ist auch dem Aufbau nach ein vorgeschobenes Stück Deutschland. Auch wo die trennenden Meere nur schmal und nicht tief sind, wie der Ärmelkanal zwischen dem Kontinent und Großbritannien mit seiner Breite von 45 km, da kommt kaum ein Zweifel über die Zugehörigkeit der Inseln

zum nächstgelegenen Festland auf. Wir können auch der Gruppe der Galapagos noch den von Darwin beigelegten Titel „Satellit von Südamerika" lassen, wenn wir uns an die verhältnismäßig geringe Entfernung vom Festlande, 1000 km, und die Verwandtschaften ihrer Lebewelt erinnern. Anders ist es mit Island, mit Kreta, mit den Bermudas. Daß Islands Westküste um die Hälfte weiter von Grönland, als Islands Ostküste von Schottland entfernt ist, kann bei Entfernungen von 1800 und 2700 km nicht ins Gewicht fallen. Die einzige zufriedenstellende Antwort auf die Frage: Island amerikanisch oder europäisch? liegt in der Zurechnung Islands zu dem Inselgebiete des Atlantischen Ozeans, also zu Amerika. Die oft aufgeworfene Frage, wo Kreta hingehöre, ob zu Europa, Afrika oder Asien, beantworten wir mit dem Hinweise: es gehört ebenso zweifellos zur östlichen Landmasse wie zum Mittelmeere. Das letztere aber schließt sich den Norderdteilen an, und so können wir Kreta nur zu Europa-Asien rechnen.

Die Insel Leukas. Nach J. Partsch und der englischen Admiralitätskarte. Vgl. Text, S. 313.

Es liegt auf der Hand, daß alle derartigen Schwierigkeiten wesentlich mit der herkömmlichen Einteilung des Erdfesten in die fünf überragenden Erdteile zusammenhängen, neben denen alles andere nur untergeordnet ist. Sobald wir davon absehen, nur Festländer als Erdteile gelten zu lassen, sobald wir Inseln mit heranziehen und die im Meere begrabenen Länder beachten, finden wir auch für jede Insel und jede Inselgruppe einen natürlichen Platz.

Im Wesen der losgelösten Inseln liegt es, daß sie am ähnlichsten den Küsten sind, von denen sie abgelöst wurden; und da es keine Küste gibt, die ganz ohne Inseln wäre, so gibt es ebenso viele Arten von gelösten Küsteninseln, als es Arten von Küsten gibt. Freilich gibt es aber Küsten, die leichter in Inseln zerfallen als andere, und für einzelne Arten von Küsten ist der Inselreichtum ebenso bezeichnend wie für andere die Inselarmut.

Durch die Brandung entstehen Küsteninseln rechtwinkelig zu den Küstenlinien, wenn zwei Nachbarbuchten, ins Land hineinwachsend, die sie trennende Halbinsel abschneiden. Daher die Lage so vieler Küsteninseln und Klippen in der Fortsetzung einer Halbinsel oder Landzunge. Kommt Senkung mit ins Spiel, dann können Küsteninseln in allen Lagen zur Küste entstehen. Außer der räumlichen Zugehörigkeit kann solchen Küsteninseln noch eine tiefere Beziehung zum Nachbarlande dadurch zu eigen werden, daß sie wie ein vorgebauter Wall erst den Anprall der Brandung von der dahinterliegenden Küste ablenken. Inseln, die so nahe dem Lande liegen, daß nicht freies Meer sie davon trennt, sondern Sunde, Lagunen, Wattenmeer oder die Arme eines Deltageflechtes, gehören noch zum Küstensaum. Sie sind die echten Küsteninseln. Ihre Unselbständigkeit ist um so größer, je schmäler und je seichter die Trennung ist. Ihr Ursprung kann sehr verschieden sein. Sie sind an die Küste angeschwemmt oder von der Küste losgelöst. An vielen Küsten sind Inseln durch Anschwemmung landfest geworden, so an der Timavomündung Inseln, die zur Römerzeit noch frei lagen. Leukas hat der von der Westküste

herübergetriebene Schlamm durch eine schöngeschwungene Nehrung mit dem Festlande verbunden, und südlich davon ist der Sund so schmal, daß die Türken um 1500 ihn durchritten (s. die Karte, S. 312). Auf solche Bildungen fühlt man sich versucht, den Ausdruck „Nichtinsel" anzuwenden, den Goethe von dem Peloponnes als Halbinsel, die nicht mehr Insel ist, gebraucht hat. Auch Korallen- und Vulkaninseln suchen oft die Küstennähe, da sie auf einem langsamen Küstenabfall günstige Stellen zum Aufbau finden, und wachsen sich dann leicht zu Halbinseln aus (s. die Karte, S. 310). Die echtesten Küsteninseln sind aber zufolge ihres Ursprungs die losgelösten, da sie stofflich der Küste verwandt sind und zugleich notwendig der Küste nahe bleiben.

Küsteninseln und Klippen werden am wenigsten zahlreich dort sein, wo eine Küste steilwandig, ohne Einbrüche und Ausbuchtungen sich dem Meer entgegenstellt. Die Brandung arbeitet hier unter den ungünstigsten Bedingungen. Es werden hier in der Regel nur kleine Klippen da losgelöst werden, wo der Zusammenhang der die Küste bildenden Gesteine dies gestattet. Daher sind besonders die Küsten inselarm, an denen Gebirge entlang ziehen, wie das östliche Südamerika, während jene Küsten inselreich sind, an denen Gebirge abbrechen, die dann in der Regel in den Inseln sich fragmentarisch fortsetzen, wie die Westküste von Hinterindien. Anders, wo die Küste schon an und für sich gegliedert ist und der Brandungswelle um so mehr Angriffspunkte bietet, je mehr sie gegliedert ist. Eine gliederreiche Küste ist immer inselreich.

Eine genaue Zählung der Inseln Norwegens ohne die Ämter Romsdal und Drontheim ergab 36,171 Inseln. Yeelmuydens Atlas schätzt daraufhin die Gesamtzahl auf 50,000. Rechnet man Klippen und bedeckte Klippen hinzu, so erhält man gegen 150,000. Nur zwei von diesen zahllosen Inseln haben über 1000 qkm, 36 über 100. Wenn man hinzufügt, daß fast alle nur durch Fjordstraßen und Sunde von weniger als 10 km Breite vom Festlande getrennt sind, und daß keine Insel Norwegens volle 100 km vom Festland abliegt, so sind alle Merkmale der abgelösten Küsteninseln beisammen.

Bei der Loslösung der Inseln arbeitet entweder nur die Brandung, oder es ist die erste Ursache der Loslösung die Senkung, mit der sich die Brandung verbindet. Die Senkung allein vermag große Inseln loszulösen. Die größten Inseln der Erde kommen daher in Bruch- und Senkungsgebieten vor. Aber keine Insel ist gleichzeitig und gleichmäßig von allen ihren Zusammenhängen losgelöst worden. Gerade das ist entscheidend in der Geschichte aller Ablösungsinseln, nach welcher Seite sie am längsten den Zusammenhang bewahrt haben. Sizilien hing mit Afrika noch zusammen, als es von Europa gelöst war, Irland dagegen war lange vor England vom Kontinente geschieden.

Die Schwemminseln.

Vulkaninseln, Koralleninseln und Schwemminseln haben das gemeinsam, daß sie vom Meeresboden aus aufgebaut werden, und zwar zumeist aus ursprünglich lockerem Material, das erst während des Baues sich zu größeren Massen vereinigt. Während aber in den Vulkan- und Koralleninseln eine innere Kraft den Bau bewirkt, sind die Schwemminseln ein Werk des Wassers, das hier unter besonderen Umständen aufbaut, was es vermöge derselben Bewegungskräfte anderweitig wieder zerstört. Sind ihnen also einerseits weder klimatische noch andere Grenzen gesetzt, welche die Wirkung jener inneren Kräfte beschränken, so daß man Schwemminseln in allen Zonen und an allen Arten von Küsten sich immer weiter bilden sieht, so haben sie doch nicht die Selbständigkeit jener anderen. Das bewegte Wasser bringt ihr Baumaterial, lagert es ab und formt es, um es schon bei kleiner Änderung einer Strömungsrichtung wieder wegzunehmen und anderswohin weiterzutragen. Auch die innere Festigkeit der Schwemminseln ist nicht mit dem zwar porösen, aber stellenweise auch massigen Kalk der Koralleninseln oder mit

dem durch Gänge felsenhafter Lava gestützten Schuttmaterial der vulkanischen Inseln zu vergleichen. Lange nach der Ablagerung fährt es fort, sich unter Verdichtung zu verschieben und damit den Fluten Lücken zu öffnen.

Die Halligen vor der Westküste Schleswig-Holsteins sind Reste eines zerrissenen, in die Tiefen der Nordsee fortgeschwemmten Marschlandes (s. die untenstehende Abbildung). So wie die Halligen heute hinter den dünenreichen nordfriesischen Inseln liegen, so lag die Marsch, aus der sie herausgelöst sind, einst hinter einem viel größeren mit Dünen besetzten Lande, von dem die nordfriesischen Inseln Reste sind. Die Hallig steigt mit steilen, zerrissenen Wänden $1/2 - 1 1/2$ m von dem Wattenplateau auf. Die Flut isoliert sie, sie überschwemmt sie bei höherem Ansteigen. Der blättrige, zähe Marschboden, der sehr fruchtbar ist, setzt dem Wasser seine Dichtheit entgegen, ohne die keine Hallig mehr bestände. Den Weg der Entstehung der Halligen sieht man recht deutlich an ihrem heutigen Schicksal: wo sie nicht energisch geschützt werden,

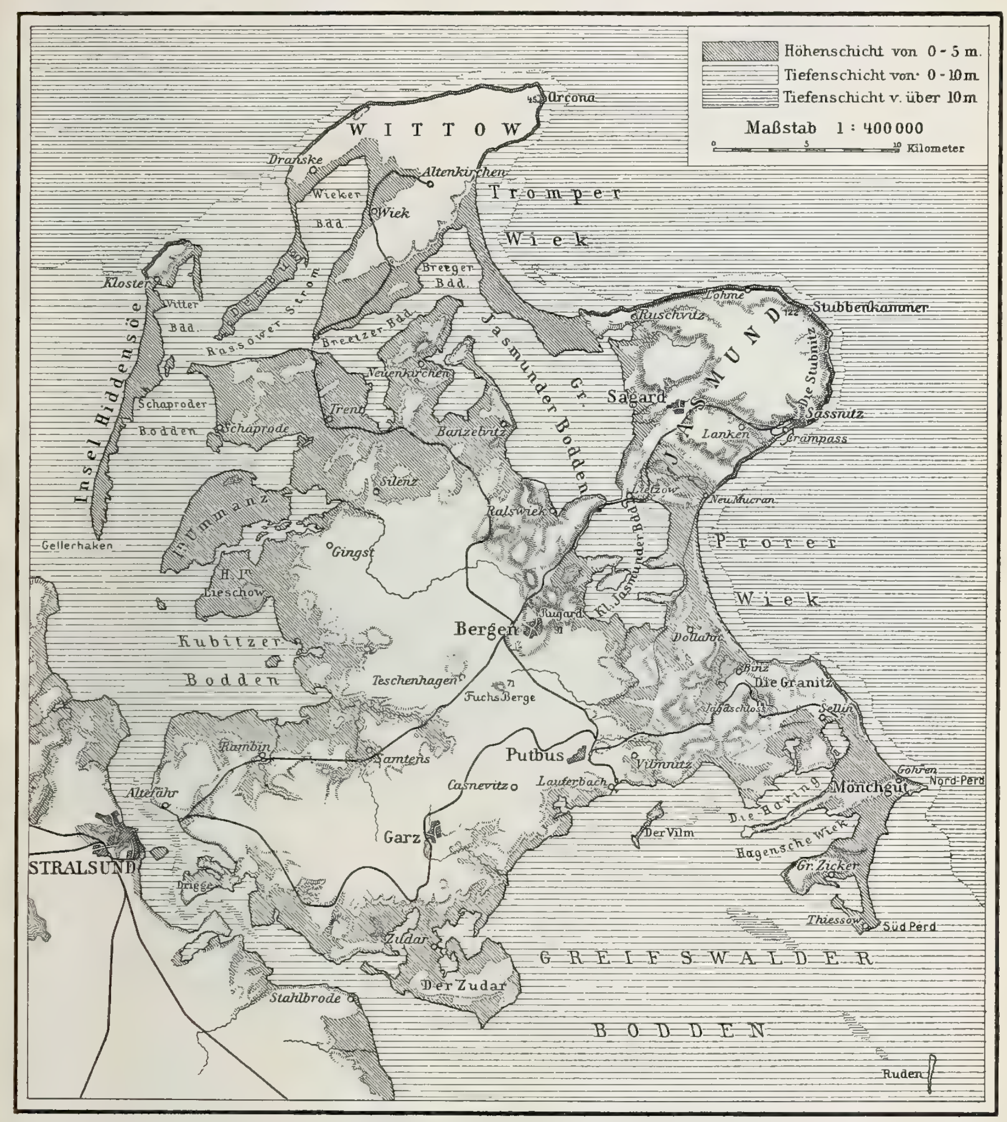


Die Hallig Oland. Nach Photographie.

verkleinern sie sich von Jahr zu Jahr. Eine Reihe von Halligen ist im Laufe der letzten Jahrhunderte zerstört worden, andere sind kleiner geworden und haben an Häusern und Bewohnern abgenommen. In den schleswig-holsteinischen Provinzialberichten von 1788 wurde den Halligen vorausgesagt, sie würden keine hundert Jahre ihre Existenz fortsetzen können. Im Laufe des 19. Jahrhunderts hat sich allerdings die Zahl der Häuser auf den Halligen und die Zahl ihrer Bewohner auf fast ein Viertel vermindert. Aber es hat nun glücklicherweise den Anschein, als ob man mit besseren Mitteln als bisher dem Verfall entgegenwirken werde. Sehr ähnlich den Halligen sind Inseln, die aus der Zertrümmerung alter Deltabildungen entstanden sind. Grado und andere Laguneninseln im Adriatischen Meere gehören hierher.

Die Anschwemmungsinseln gehören nach dem Material dem Erdteil an, aber nach Lage und Gestalt sind sie fremde Elemente, meerverwandt. Man wird ihnen im ganzen nur gerecht werden, wenn man sie als amphibische Bildungen auffaßt. Ist auch das Material ursprünglich ganz fluviatil, so nehmen doch die Brandungswellen Teile davon mit und setzen dafür andere ab. Besonders spülen sie den Schlamm aus und lassen den Sand übrig, der dann als heller Dünenrand die Insel umzieht. Wo starke Küstenströmungen thätig sind, bringen diese Schlamm und Sand heran und rufen damit neue Schwemmgebilde hervor. Dabei prägt die

Form nicht selten den amphibischen Charakter solcher Bildungen ebenfalls aus, indem sie außen die schön geglätteten Ränder der von Strömungen bearbeiteten Schwemmgebilde zeigen, die besonders auch für die Schwemminseln in Flüssen bezeichnend sind, während sie der ruhigeren Innenseite vielgezackte und vielgelappte Ränder zukehren. Föhr, Pellworm und Nordstrand sowie



Die Insel Rügen. Nach R. Credner. Vgl. Text, S. 316.

die Halligen haben nichts von dem großen Unterschied zwischen Innen- und Außenseite, der an den übrigen friesischen Inseln zu beobachten ist. Darin spricht sich ihre binnenständige Lage aus. Die echtesten amphibischen Inseln liegen in trichtermündigen Deltas, wo die Flut Salzwasser, die Ebbe aber Süßwasser bringt und das Anschwemmungsmaterial des Flusses vom Seewasser umgelagert und umgestaltet wird. An Schwemminseln dieser Art kann man immer einen

festeren Kern von einem Hof amphibischen Landes unterscheiden, Außendeichsland, wie man es auf den nordfriesischen Inseln nennt, das bei den größeren Inseln, wie Sylt, Föhr, Amrum, einen Inselkern tertiären oder wenigstens diluvialen Alters umgibt.

In den Flußmündungen häuft sich die Masse der aus dem Inneren des Landes kommenden Schwemmstoffe zusammen, und zugleich wirft sich ihnen das Meerwasser entgegen, ebenso die Brandung, Gezeiten- und Küstenströme. Hier treffen also die Bedingungen zur Inselbildung wie nirgends zusammen. Die Delta-Inseln bezeichnen die Höhepunkte der Anschwemmungsthätigkeit an den Küsten, und der größte Teil eines Deltas besteht immer aus Inseln. Dennoch würde es nicht richtig sein, mit Sonklar ein Delta nur eine Ansammlung von Inseln zu nennen,



Strandbild von der Insel Gotska Sandö. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 317.

da immer ein großer Teil der Schwemmgebilde an den Ufern sich ansetzt. Auch muß man wohl beachten, daß in manchen Deltas Inseln aufgenommen und durch die Schwemmstoffe vergrößert werden, die nichts mit der Anschwemmungsthätigkeit zu thun haben. Die Insel Achtuba in der unteren Wolga, die Insel Marajo im unteren Amazonas z. B. sind keine Delta-Inseln, sondern vom Lande losgelöste und dann von Flußanschwemmungen umgebene Inseln. Ebenso sind auch von den Delta-Inseln als Flußanschwemmungen die Nehrungsinseln zu sondern, die oft sehr eng mit Deltas verbunden vorkommen, ja in der Deltabildung mitwirken, in Wirklichkeit aber die Trümmer eines älteren Schwemmlandrandes sind. Anschwemmung zwischen älteren Landkernen bildet den Kitt für größere Inselneubildungen.

Rügen ist eigentlich keine Insel, es ist ein Archipel (s. die Karte, S. 315). Es ist von einer ganzen Anzahl von Eilanden umlagert, und in seinem eigenen Aufbau liegt eine Reihe von Erhebungen, die wie Inselkerne von den jüngeren Schwemmgebilden umgeben und zusammengekittet werden. Wer sich Rügen von der Ostsee her nähert, der sieht eine Inselgruppe vor sich; die tiefgelegenen Verbindungen verdeckt die Wölbung des Meeresspiegels. So wäre es, wenn das Meer nur um 5 m stiege: Rügen würde sich in eine Inselgruppe auflösen. Daher auch der vielgliederige Umriß Rügens, das durch Wieke und

Bodden zerspalten und zerlappt ist. Mönchgut allein ist aus fünf diluvialen Inselkernen zusammengefügt. Das Material für die verkittende Schwemmlandbildung liefert hauptsächlich Rügen selbst, und zwar der Norden; die südliche Richtung der Nehrungen und „Haken“ zeigt den Weg an, auf dem es vor dem Winde wandert. Hinter den kleinen Nehrungen, auf denen sich Dünen von 5 m Höhe bilden, arbeitet in halbgeschlossenen Buchten die Moorbildung an dem Neubau Rügens mit.

Eine besondere Art von Inseln, die den Schwemminseln ähnlich sind, findet man in den Eisschuttgebieten. Sie bestehen aus Gletscherablagerungen, die durch das Wasser umgelagert und umgeformt sind, aber immer die Merkmale ihres glazialen Ursprunges behalten. Die kleine Ostseeinsel Gotska Sandö nördlich von Gotland ist eine solche Moräneninsel (s. die Abbildungen, S. 316 und 433).

Die Lage des Fundamentes der Inseln.

Nachbarinseln sind durch ein gemeinsames Fundament verbunden, und küstennahe Inseln stehen auf demselben Fundament wie ihre Festländer. Großbritannien, Irland, die Shetlandinseln, die Hebriden und die Orkaden müssen offenbar zu Europa gerechnet werden, da keine Tiefe, die 200 m erreicht, sie von diesem Erdteile trennt; sie ruhen auf einem alten versunkenen Stück Europa, dessen Rand zuletzt noch von Irland nach der Bretagne und Nordspanien gereicht haben dürfte. Sie haben einst diesem Randland selbst angehört. So muß man auch das ähnlich zu Labrador gelegene Neufundland in einem ganz anderen Sinne zu Amerika zählen als selbst die so nahegelegenen Bahama-Inseln, die doch durch mehr als 2000 m Tiefe von der in Sicht auftauchenden Küste von Florida getrennt sind. Noch in viel höherem Grade ist Kuba selbständig, das bereits durch die zwischen Kuba und Yukatan eintretende Vertiefung bis über 3000 m sich als ein Glied jener Inseln erweist, die auf den Rändern tiefer Becken sich so aufbauen, daß sie außen nach großen Tiefen abfallen, während sich vor ihre Innenseite seichte Meere legen. Dazu gehören die Inseln des steil nach Süden abstürzenden malayischen Bogens, in den posttertiäre Verwerfungen die Sundastraße, Balistraße und andere Breschen gebrochen haben. Sie ruhen wahrscheinlich auf einem alten kristallinischen Fundamente bis nach Celebes hin. Verwandt sind also auch darin die Inseln des Bogens Neuguinea-Neukaledonien-Neuseeland und die Antillen. Besonders tritt aber der Gegensatz von Innen und Außen bei den Inselkränzen Ostasiens auf, wo hart außerhalb der Kurilen Tiefen von mehr als 8000 m gemessen sind (vgl. die Karte, S. 159), während zwischen ihnen und dem Festland Flachseen liegen. Ähnlich ist die Lage der Inselgruppen von Japan, der Liukiu und Formosas. Solche dem tief hinabreichenden Sockel eines Festlandes entragenden Inseln, die darum doch keine Küsteninseln sind, hat Von Richthofen als selbständige Kontinentalinseln bezeichnet. Er verwendet weiter als Einteilungsmotiv für diese Inseln die Stellung zu ihrem Kontinent, wobei besonders die Lage auf der Kante zwischen dem seichten Küstenmeer und dem steilen Außenabfall in die Tiefe des Ozeans in Betracht kommt. Inseln solcher Lage wie Java und Japan nennt er randständige, während er binnenständige solche nennt, welche, wie Großbritannien, deutlicher noch Borneo, auf einem Festlandsockel aufsitzen, ohne den Rand desselben einzunehmen. Der Unterschied wird wesentlich, wo es sich darum handelt, einer Insel wie Sachalin, die manchmal zu den ostasiatischen Inselreihen gezählt wird, ihre richtige Stelle anzuweisen; sie ist Festlandbruchstück vom ostsibirischen Gebirgssystem.

Einen noch höheren Grad von Selbständigkeit finden wir bei jenen Inseln, die einem untergegangenen Festland angehört haben, von dem sie die letzten Reste sind. Sie kann man Festlandreste nennen. Inseln wie Neuseeland und Madagaskar sind denn nicht bloß durch

ihre Lage selbständiger als andere; ihnen verleiht vor allem eine eigentümliche Lebewelt einen noch viel höheren Grad von Selbständigkeit, und sie reihen sich unmittelbar den eigentlichen Festländern an. Eine kleinere Gruppe derselben Gattung sind die in der Richtung Madagaskars nach Nordwesten hinausziehenden Seychellen und Amiranten; die Seychellen sind die rundlichen Gipfel eines alten Granitgebirges, deren Profile mehr an kontinentale Gebirge entsprechenden Alters als an ozeanische Inseln erinnern. (S. die untenstehende Abbildung.) Unter den Inseln Amerikas ist Trinidad das echteste Festlandbruchstück. Seine Gebirge sind die



Landschaft von den Seychellen. Nach Photographie der Valdivia-Expedition.

Fortsetzung der Küstengebirge von Venezuela, und seine tieferen Teile schließen sich geologisch an das Festland an; dazu hat Trinidad im Gegensatz zu den weiter außen liegenden Inseln eine der kontinentalen Tierwelt, besonders ihren Säugetieren und Vögeln nahverwandte Fauna.

Eine ganz eigentümliche Stellung nehmen die Archipele des Stillen Ozeans ein, die auf untermeerischen Hochflächen von großer Breite sich aufbauen, zwischen die sich tiefe Becken einschieben. Die vorwaltend nordwestliche Erstreckung der versunkenen Hochflächen gibt auch den Reihen der aufgesetzten Inseln einen bemerkenswerten Parallelismus. Wenn gerade hier ungemein reiche Gruppen kleiner Inseln, Eilande und Klippen hervortauchen, denen mehr als in irgend einem anderen Gebiete die Korallenbauten einen besonderen Charakter geben, so erinnert das an die Schwankungen, denen das Fundament dieser Inseln ausgesetzt ist, und besonders an das Vorkommen ausgedehnter Senkungsgebiete mitten zwischen Zeugnissen neuerer Hebungen.

Die Inseln und der Meeresboden.

Immer führt uns die Betrachtung der Inseln auf ihren gemeinsamen Boden am Meeresgrunde zurück. Das ist ihr Fundament, dort liegen ihre Verbindungen und Verwandtschaften. Nur die letzte Urkunde ihrer Geschichte sehen wir in ihnen selbst, alle früheren sind in ihre Fundamente vermauert. Jede Insel hat eine jüngere übermeerische und eine ältere untermeerische Existenz und Entwickelung. Daher die Notwendigkeit der Frage: wie ist das Verhältnis



Ufer von St. Helena bei Jamestown. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 320.

des über dem Wasser liegenden Teiles der Insel zu dem, den das Wasser verhüllt? Man wird eine Insel nicht kennen, wenn man nicht weiß, wie sie dem Meeresboden entspringt, wie ihr Abfall zu diesem Boden ist. Die Geschichte der Inselstudien lehrt viele Fälle von Täuschungen über das Wesen und Werden der Inseln, die in der einseitigen Betrachtung des über dem Meere liegenden Abschnittes begründet sind. Die Koralleninseln sind erst verstanden worden, als man ihr Verhältnis zu ihrem Boden erkannte. Wissenschaftliche Betrachtung der Inseln ist überhaupt erst möglich, seitdem es eine große Anzahl von Tiefseemessungen gibt.

Das Verhalten der Inseln zu dem Meeresgrunde, dessen höchstgelegene Punkte sie sind, ist für ihre eigene Würdigung von großer Bedeutung, nicht minder aber auch für die Einteilung

der Meeresräume selbst. Die nahezu axiale Kette von weniger als 2000 m tiefen Stellen in der Länge des Atlantischen Ozeans ist der Grund des so erstaunlichen Auftretens ozeanischer Eilande in der langen Reihe Bouvet-Jan Mayen, fern von jedem Festland und außer Verbindung mit jeder möglichen Gruppe anderer Inseln. Mustern wir aber eine Tiefenkarte des Atlantischen Ozeans, so erscheinen diese Inseln nicht mehr allein, denn nicht nur Klippen wie der Paulsfelsen hart nördlich vom Äquator, sondern zahlreiche Höhen, die den Meeresspiegel nicht erreichen, geben diesen vereinsamten Inseln gleichsam das Geleite, und die ganze Reihe ozeanischer Eilande des Atlantischen Meeres erhält eine breitere Begründung durch dieses gemeinsame Fundament, wie sie denn alle von einfacher vulkanischer Bildung und steiluferig sind (s. die Abbildung, S. 319). Schauen wir weiter, so finden wir auch in anderen Meeresteilen, daß die tiefsten Meeresstellen keine oder nur vereinzelte kleine Inseln haben. Die ausgedehnteren tiefsten Meeresstellen liegen im Indischen Ozean zwischen der Hebung Vorderindien-Malediven-Chagosarchipel und Westaustralien, im Stillen Ozean in dem Gürtel zwischen dem 40. und 50.° nördl. Breite, zwischen Kamtschatka und Nordwestamerika, und in minderem Maße in dem südöstlichen Winkel zwischen den südlichen und östlichen Ausläufern der polynesischen Inseln und der Westküste Südamerikas, im Atlantischen Ozean südlich vom 40.° südl. Breite zwischen Südamerika und Afrika, im Nördlichen Eismeer in dem Raume zwischen Ostgrönland, Spitzbergen und Island. Alle diese Räume sind *inselleer*, mit Ausnahme der Tiefe des Indischen Ozeans, aus der unter 10° südl. Breite der sehr unbedeutende Korallenarchipel der Kokosinseln hervorragt.

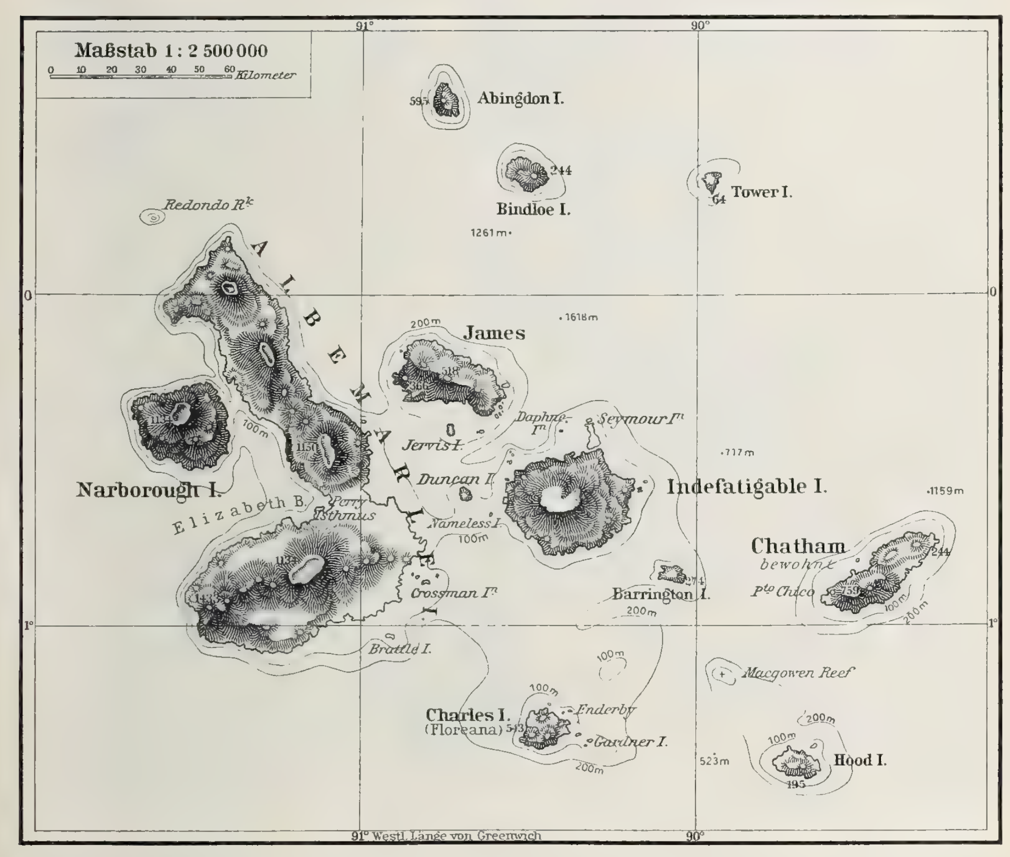
Fassen wir nun dagegen die *inselreichsten Teile der Meere* ins Auge, so sehen wir, daß fast durchaus die Inseln nicht unvermittelt erscheinen, sondern untermeerischen Höhen ganz ebenso entragen wie die Berge dem gemeinsamen Fundament eines Gebirgswalles. Wo aber Inselreichtum in der Tiefsee vorkommt, gehört er sicher einem zerbrochenen Faltenland an. Wie die Inseln des Atlantischen Ozeans dem axialen Höhenwalle des atlantischen Meeresbodens entsprechen, soweit sie sich nicht nahe dem Festlande aus Tiefen von 400 m und weniger erheben, so tragen im Indischen Ozean zwei mächtige, mit den Nachbarkontinenten zusammenhängende Erhebungen, die in großer Ausdehnung weniger als 2000 m tief liegen, die Inselgruppen gegenüber Ostafrika sowie die südlich von Indien und im Bengalischen Meerbusen. Die Seychellen vereinigt die submarine Bank, auf der sie sich aus 20—70 m Tiefe erheben, zu einem ganz abgeschlossenen Gebiet. Eine Tiefe von mehr als 3000 m trennt sie von den korallinen Amiranten. Eine Flachsee bespült die Großen Sunda-Inseln, während die Kleinen Sunda-Inseln von einem Meer umgeben sind, dessen Tiefen rasch zwischen 1500 und 5000 m wechseln. Dieser rasche Wechsel setzt sich, bei indessen immer mehr hervortretendem Obwalten der Tiefen von 2000 bis 4000 m, bis zu den vorgeschobensten Posten der östlichsten polynesischen Inseln fort. Ostasiens Inselguirlanden stehen auf einer Randerhebung, die nicht unter 2000 m tief, jedoch stellenweise durch tieferes Meer vom Festlande geschieden ist. Das so inselreiche Nördliche Eismeer ist, wo es die Archipele Spitzbergens, Franz Josefs-Lands und des arktischen Nordamerika bespült, Flachsee; und wo Nansen seine großen Tiefen gemessen hat, ist es insellos.

Der *Aufbau vom Meeresgrund* ist bei Anschwemmungsinseln, bei vulkanischen Aufschüttungsinseln, seien es Aschenkegel oder Lava-Inseln, und bei vielen losgelösten Inseln ganz allmählich. Um mit letzteren zu beginnen, so steigt Großbritannien aus dem Ärmelkanal von 50 m, aus dem Sankt Georgs-Kanal von 100 m, aus der Nordsee von 10—100 m an, und vor den Hebriden liegt die 200-Fadenlinie 300 km im Westen. Böschungen von 5—6° sind bei kleineren Inseln dieser Gattung häufig bis zur Tiefe von 3000 m, worauf sie auf 2—3°

sinkt. Steilere Böschungen kommen bei Vulkaninseln vor, die von Senkungsfeldern umgeben sind. Bei ihnen kann es geschehen, daß die obermeerische Böschung der Insel geringer ist als die untermeerische; jene beträgt bei São Thomé 5°, diese steigt bis auf 35° (vgl. vorige Seite). Von den Steilabfällen der Koralleninseln werden wir noch zu sprechen haben.

Die Verteilung der Inseln über die Erde.

In dem Gürtel zwischen 10° nördlicher und 10° südl. Breite finden wir die australasiatischen Inseln von Sumatra bis Neuguinea und von Timor bis zu den Philippinen, ferner Ceylon.

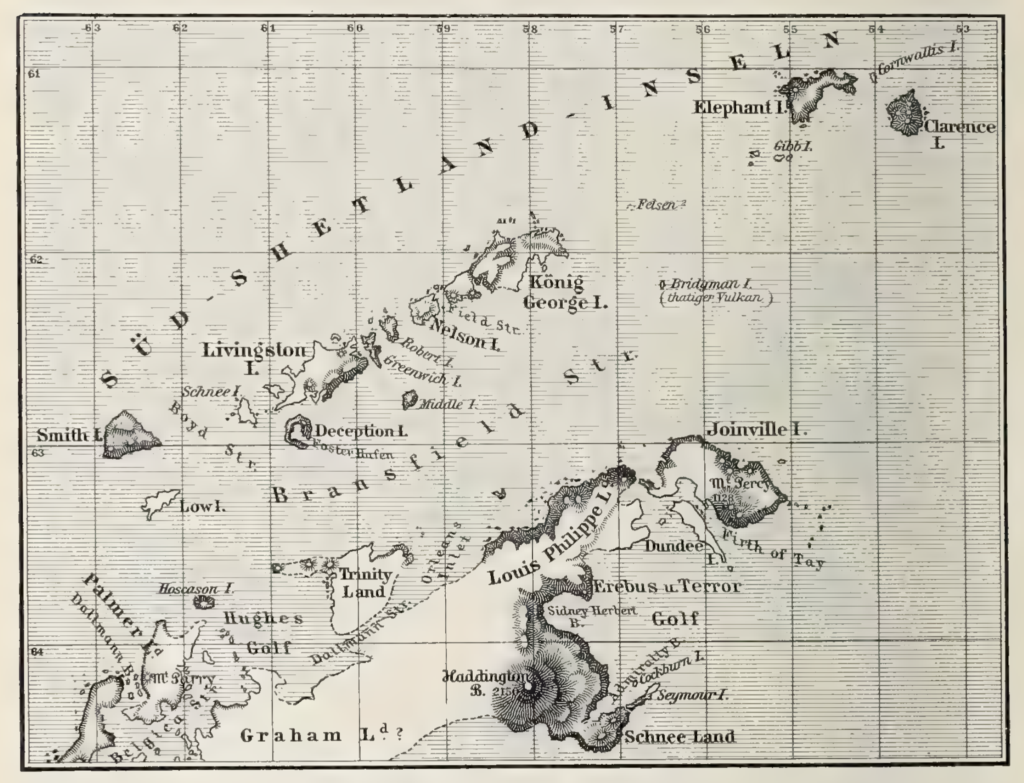


Die Galapagosinseln, westlich von Ecuador. Nach der englischen Admiralitätskarte. Vgl. Text, S. 324.

Im Stillen und im Indischen Ozean begegnen wir in diesen Breiten einer großen Anzahl von kleinen und kleinsten Vulkan- und Koralleninseln, der Atlantische Ozean aber ist in diesem Gürtel inselarm; nur die Inseln des Meerbusens von Guinea bilden darin eine nennenswerte Gruppe. Wenn wir bis zum Wendekreise nördlich und südlich gehen, so fallen von größeren Inseln noch Madagaskar, die größten melanesischen Gruppen, die Antillen und fast alle die unzähligen kleinen Vulkan- und Koralleninseln des Stillen und Indischen Ozeans in den Tropengürtel.

Das Bild ändert sich, wenn wir polwärts fortschreitend die Gürtel zwischen den Wendekreisen und 40° nördlicher und 40° südl. Breite ins Auge fassen. Da finden wir auf der Nordhalbkugel alle größeren mittelmeerischen Inseln mit Ausnahme von Korsika, den dalmatinischen und

thrakischen Inseln, während auf der Südhalbkugel die Nordinsel von Neuseeland gerade auf der äußeren Grenze gelegen, das heißt vom 40. Grade geschnitten ist. Zwischen 40° und dem Polarkreise vermehrt sich aber der Inselreichtum. Hier liegen auf der Nordhalbkugel die britischen Inseln, die Färöer, Island, alle Inseln der Nord- und Ostsee, die Inseln an der Nordwest- und Nordostküste Amerikas, im Beringsmeer und in der Hudsonsbai. Auch ragen Grönland und Baffinsland noch in diesen Gürtel herein. Auf der südlichen Halbkugel gehört der größte Teil von Neuseeland, Tasmanien, die Falklandsinseln, Feuerland und die Chonosinseln, die Gruppen von Südshetland und Südorkney, Südgeorgia in die entsprechenden Gürtel. Die Kerguelen, die



Die Südshetlandinseln in der Antarktis. Nach L. Friedrichsen und der englischen Admiralitätskarte. Vgl. Text, S. 325.

Crozet- und die Prinz Edward-Inseln sind hier nicht die vorspringenden Eckpfeiler eines unterseeischen antarktischen Plateaus, sondern ragen türmend aus echter Tiefsee empor. Grahamland und Enderbyland, die Kempinseln werden vom südlichen Polarkreise geschnitten. Innerhalb des nördlichen Polarkreises finden wir eine bedeutendere Menge von großen und kleinen Inseln als sonst in irgend einem Meeresteile von derselben Größe; die starke Insularität ist geradezu das Merkmal des Nördlichen Eismeeres, und wir kennen dort sicherlich noch nicht alle Inseln. Die Auflösung des Franz Josefs-Archipels in kleinere Inseln hat ihre Zahl noch jüngst vermehrt, und Von Toll hält es für möglich, daß ein ähnlicher Archipel nördlich von Franz Josefs-Land liegt. Nehmen wir an, die Hälfte des unbekannten Raumes am Nordpol sei Meer, so ist dort das Gebiet der größten Entwickelung der Insularität auf der Erde überhaupt. Es liegen also hier

die Dinge so, daß nicht nur das Meer die arktischen Länder von den übrigen Landmassen der Erde bestimmt scheidet, sondern daß es auch tiefer in ihr Inneres eingriff und sie stärker zerklüftete als sonst irgendwo auf der Erde. (Vgl. oben, S. 282.) Innerhalb des südlichen Polarkreises liegen die zahlreichen, nur randweise bekannten Striche, von denen nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, ob sie zu einem Festlande gehören, oder ob es, wie dort, viele große Inseln sind.

Die Inselgruppen.

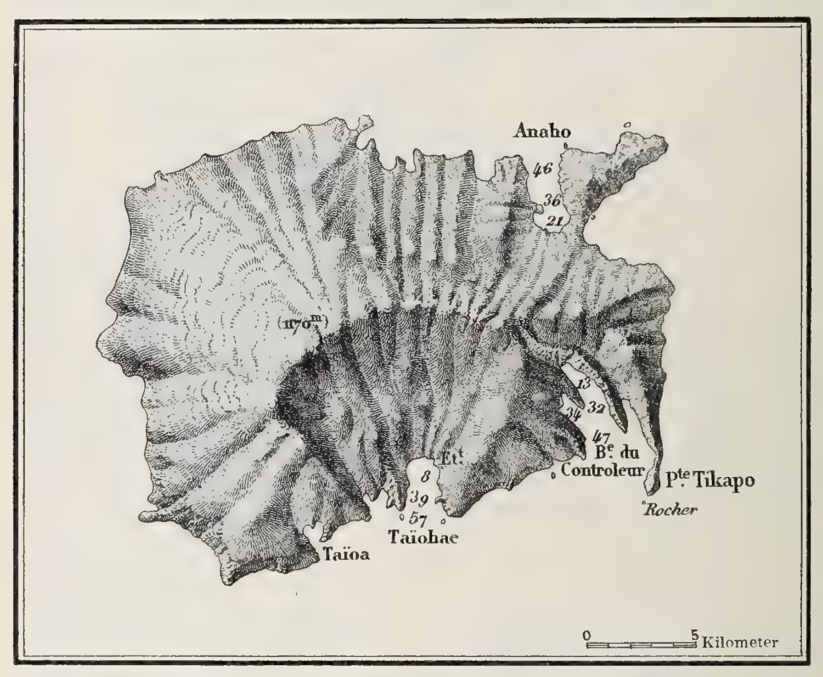
Wir haben von der Verbreitung der Inseln gesprochen, soweit sie große Beziehungen zu den Meeren und Festländern erkennen läßt. Zur Verbreitung gehört aber auch das Verhältnis von Insel zu Insel. Nichts ist in dieser Beziehung auffallender, als daß nur selten eine Insel allein vorkommt; es ist vielmehr die Gruppierung und sogar das scharenweise Vorkommen mehrerer oder vieler die Regel. Selbst das kleine Rockall ist nicht vereinzelt. Es erhebt sich auf einer unterseeischen Schwelle, die noch andere Klippen und Riffe trägt. Neben dem Felseneilande Helgoland liegt die Düneninsel. Wir schließen daraus, daß die Ursachen der Inseln nicht vereinzelt, sondern in größerer Zahl, und nicht beschränkt, sondern über weitere Gebiete hin wirken. Die Brandung, die gegen eine Küste anstürmt, löst nicht bloß eine Insel los, sondern viele; wo Korallentiere auf einem untermeerischen Höhenrücken bauen, da bauen ihre Genossen daneben auf einem anderen; wo ein vulkanischer Krater am Meeresboden sich öffnet, da pflegt eine Linie vorhanden zu sein, auf der mehrere hervorbrechen. Es ist dieselbe Kraft, aber indem sie wirkt, zerteilt sie sich an der Oberfläche. Das tritt noch deutlicher hervor, wo der Strom an seiner Mündung ins Meer den aus dem Inneren des Landes herausgebrachten Schlamm niederfallen läßt. Seine Wassermasse verzweigt sich, durchfurcht in zahllosen Kanälen diesen Niederschlag: es entsteht



Südlicher Teil der Charlotte-Inseln an der Westküste Nordamerikas. Nach der englischen Admiralitätskarte. Vgl. Text, S. 325.

ein Delta, das im ganzen eine einzige Bildung gleichen Ursprunges und gleichen Wesens ist, im einzelnen aber meist aus unzähligen Inseln besteht.

Die Gruppierung der Inseln liegt also in ihrer Entstehung. In erster Linie wird dieselbe von der Gestalt der Unterlage, also des Meeresbodens, abhängen; weiterhin werden die inselbildenden Kräfte die Gruppierung bestimmen. Die dichte Gruppierung großer Inseln, wie in der westlichen Sundasee und im Nördlichen Eismeere westlich von Grönland, entspricht einem in weiterer Erstreckung seichten Meere; auch die Anschwemmungs- und besonders die Delta-Inseln in Flußmündungen gehören dazu; die Zerteilung in zahlreiche kleinere Gruppen mit leeren Lücken dazwischen entspricht einem Meeresboden mit schroffen Unebenheiten. Vulkanische Inseln treten gern reihenweise, entweder auf geraden Linien, die parallel sind oder, wie im Archipel der Liparen, sich kreuzen, oder in flachen Bogenlinien auf (s. die Karte, S. 321). Koralleninseln gruppieren sich gern um eine größere Insel, die sie gleichsam umgürten, oder um eine Lagune.



Die Insel Nukahiwa in der Gruppe der Markesas-Inseln. Nach der französischen Admiralitätskarte. Vgl. Text, S. 326 und S. 162.

Zu den lehrreichen Thatsachen der Entdeckungsgeschichte gehört die immer wiederkehrende Auffassung von Inselgruppen als größere Landmassen. Das ganze Phantom des Australkontinentes ruhte nur auf solchen schwachen Inselpfeilern. Daß Tasmanien von Australien getrennt ist, hat man erst 150 Jahre nach der Entdeckung Tasmaniens gefunden. Die oft sehr schmalen Inselkanäle, die z. B. die Charlotte-Inseln, die Inseln des Parry-Archipels, Spitzbergens, Nowaja Semljas trennen, sind oft erst sehr spät nachgewiesen worden. Noch immer ist z. B. die Meerenge Matotschkin Schar schwer zu finden, d. h. von den zahlreichen, ebenso breiten Buchten der dortigen Küste zu unterscheiden.

Die Familienähnlichkeit der Inseln.

Bezeugt schon die Gemeinsamkeit der Fundamente eine tiefe, oft uralte Verwandtschaft der Inseln, so liegen vielfach noch sprechendere Zeugnisse dieses Zusammenhanges im Bau der über das Meer hervorragenden Teile. Korsika, Sardinien, Elba und kleine Inseln des toskanischen Archipels haben die gleiche Granit- und Schiefergrundlage, ähnliche Auf- und Einlagerungen jüngeren Alters; in Korsika und Sardinien spricht sich selbst in den Berg- und Thalformen die

Verwandtschaft aus. Endlich findet die Familienähnlichkeit selbst noch Ausdruck in einer Reihe von übereinstimmenden Pflanzen- und Tierformen. Öfter wiederholt es sich, daß die Inseln eines und desselben Meeresteiles eine natürliche Familie bilden, deren Familienmerkmale zunächst aus der Bildungsgeschichte ihres Meeresteiles herstammen. Hier ist die Tyrrhenis das Land, dem westmittelmeerische Inseln entsprungen sind, dort ist die Ägäis die Mutter ostmittelmeerischer. Die Hauptgruppe von Südshetland (s. die Karte, S. 322) bildet von der König Georgs-Insel bis zur Schnee-Insel eine Kette von sechs Inseln, die durch so gleichgerichtete und



Küsten von Juan Fernandez (Mas a tierra). Nach Friedrich Johow. Vgl. Text, S. 326.

schmale Meeresstraßen voneinander getrennt werden, daß sie den Eindruck machen, aus einem einzigen Lande herausgeschnitten zu sein. Wer zweifelt daran, daß die fjordreichen Königin Charlotte-Inseln aus einem und demselben Blocke herausgearbeitet sind? (S. die Karte, S. 323.) Wenn wir sehen, wie die südamerikanische Kordillere sich nach dem Feuerlande fortsetzt, wie auf den Aleuten die Vulkankette von Alaska wieder erscheint, wie die Berge von Fernando Póo zu dem Vulkangebirge von Kamerun gehören (s. oben, S. 165) und die dalmatinischen Inseln Fragmente eines Zuges desselben Gebirges sind, das als Dinarische Alpen den Ostrand der Adria bildet, so sagen wir uns: je ausgesprochener die Gestaltung des Festlandes, desto enger ist der Familienzusammenhang der von ihm losgelösten Inseln.

Da es Meeresabschnitte gibt, die eine übereinstimmende Vergangenheit haben, gibt es auch Inseln ähnlicher Entwickelung in den verschiedensten Teilen der Erde. Unser Mittelmeer, das Antillenmeer und das Australasiatische Mittelmeer tragen manche ähnliche Züge, die auf

jüngere Einbrüche von großer Tiefe zurückführen; daher Bruchinseln mit steilen, tiefen Wänden und vulkanische Inseln in allen dreien. Eine Insel wie Jamaika, die durch 3000 Faden Tiefe von Kuba, 875 von Haïti, 500 von Yukatan geschieden ist, ist eine typische Mittelmeerinsel. Im westlichen Mittelmeere stehen auf einem unterseeischen Rücken die Balearen in leichtem Bogen aufgereiht, dessen Richtung sich in einer Gebirgskette von Valencia, einem Glied des andalusischen Faltengebirges, fortsetzt; und im östlichen Mittelmeere sind die Cykladen ebenso aufgebaut, in der nördlichen Reihe eine geradlinige Fortsetzung der Insel Euböa, in der südlichen eine leicht nach Westen gebogene Fortsetzung der Halbinsel Attika bildend; eine kleine



Saunders Island in Nordgrönland. Nach R. E. Peary.

zweite Reihe hält zwischen diesen ungefähr dieselbe nordwestliche Richtung. (Vgl. oben, S. 158.) In allen Meeren, wo Einbrüche zwischen Landresten in die Tiefe gegangen sind, finden wir auch Inselformen, die durch rechteckige Gestalt an die schmalen, streifenförmigen Schollen und an die Stufenbrüche in den Senkungsgebieten des Festlandes erinnern. Rotuma ist ein ausgezeichnetes Beispiel dafür.

Inseln und Berge.

Die Inseln haben viele Eigenschaften mit den Bergen gemein, größere Inseln mit Gebirgen. Die meisten Inseln sind gebirgig oder bergig (s. die Karte, S. 324 und die obige Abbildung). Steilküsten von 200—300 m Höhe bei 930 m Gesamterhebung, wie bei Juan Fernandez (s. die Abbildung, S. 325), kommen besonders bei vulkanischen Inseln vor. Solche Inseln fallen oft auf allen Seiten so steil ins Meer, daß nur eine Küstenbucht als Eingang übrigbleibt. Wo selbst

diese fehlt, entsteht vollkommene Unzugänglichkeit, wie bei der Bouvet-Insel. Inseln und Berge, beides sind hervorragende Teile der Erdoberfläche. Wenn ein Meeresboden sich hebt, so werden die kleinen Inseln zu Bergen und Berggruppen, die großen zu Gebirgsketten. Es bedürfte nur einer Hebung um 300 m, um die Berge von Südengland mit denen der Bretagne und Normandie wieder zu vereinigen. Aber ebenso würde eine Senkung um 300 m aus Mittelamerika ein anderes Westindien machen. So wie schon Cook Feuerland ein ins Meer gesunkenes Norwegen nannte, welche Bezeichnung später Darwin wiederholte, sagte ein deutscher Reisender von den Färöer: „Diese Eilande sind ein Gebirge und kein Land" (Winkler); und Weddell macht angesichts des Südshetland-Archipels die Bemerkung: „Diese Inseln bilden meist schroffe, hohe Spitzen, so daß sie einem in die See versunkenen Lande gleichen." Die Atmosphäre ist zwar viel zu hoch, als daß Berge über ihre oberen Grenzen hinausragen könnten wie aus dem Meere; aber wenn in tieferen Schichten der Atmosphäre Wolken liegen, dann erheben sich die Berge aus dem Nebelmeere ganz wie Inseln. Dauernde Eigenschaften höherer Berge, wie die Firndecke und die Gletscher, führen darauf zurück, daß diese Berge mit ihren höchsten Abschnitten über die unteren, wärmeren Schichten der Atmosphäre hinausragen. Und diese Eigenschaften könnte man allerdings insulare nennen. Ragen nicht die Bergesteile, die über die Firngrenze ansteigen, aus einem Meere dichterer, wärmerer Luft in eine reinere, kältere Atmosphäre inselhaft empor?

So auch gehören mit manchen ozeanischen Inseln die Wolkenfahnen zusammen, die von ihrem Gipfel hinauswehen in das wolkenlose Blau eines Passathimmels, die Insel bis zu einer bestimmten Höhe so regelmäßig einhüllend, daß, wenn die Trockenzeit endlich einmal den Wolkenschleier zerreißt, der obere Teil der Insel so weit grün ist, als die Wolke anfeuchtend und gegen Ausstrahlung schützend gewirkt hat. Auch dieses ist eine unmittelbare Folge des Hinaufragens in kühlere Höhen. In dieser Ähnlichkeit zwischen Inseln und Bergen liegen biogeographische Folgen, die beiden eine ähnliche Rolle in der Entwickelung des Lebensreichtums unserer Erde zuweisen.

---

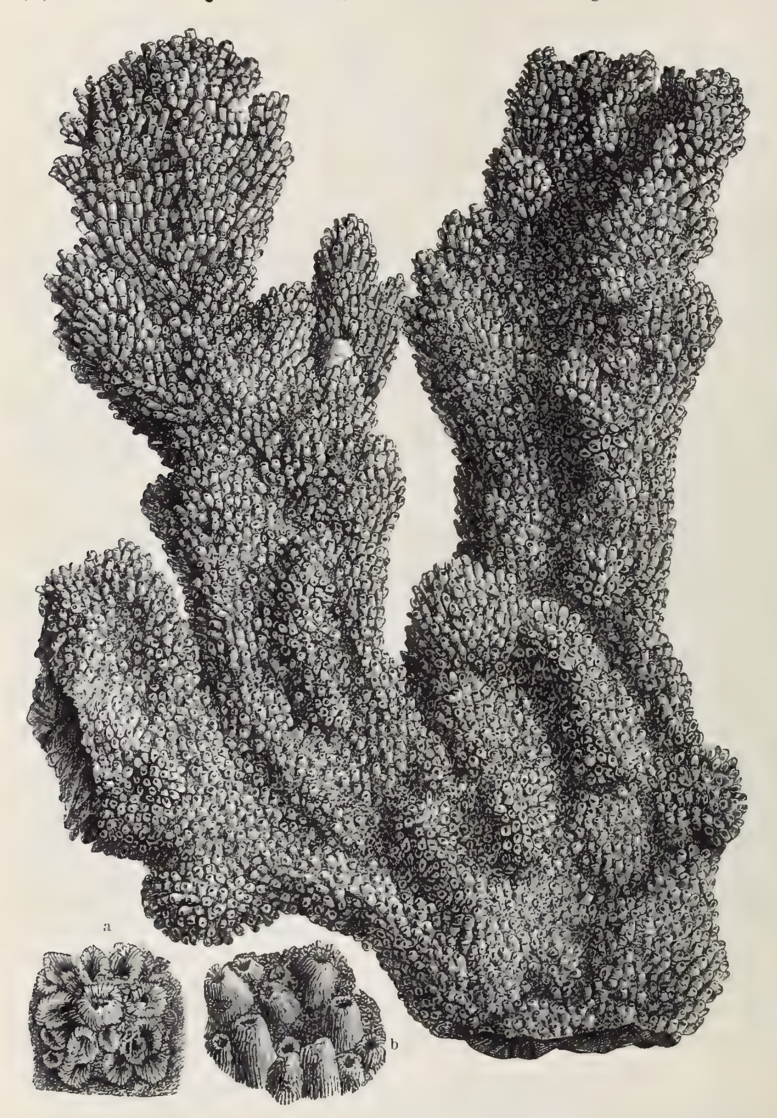
3. Die Korallenriffe.

Inhalt: Die „niedrigen" Inseln. — Die Riffkorallen. — Mitwirkende. — Die heutige Verbreitung der Korallenriffe. — Die Tiefengrenze der Riffkorallen und die Tiefe ihrer Bauten. — Das Wachstum der Korallenriffe. — Der mechanische Aufbau. — Der Baugrund. — Grundschwankungen in Riffgebieten. — Riffe. — Die Ringinseln oder Atolle. — Die Entstehung der Ringinseln. – Korallenriffe und Vulkane. — Die Bedeutung der Korallenriffe. — Ein Blick auf die Entwickelung der Kenntnis von den Korallenriffen.

Die „niedrigen" Inseln.

Als Reinhold Forster die Erfahrungen seiner mit Cook unternommenen Entdeckungsreise in die Südsee von 1772—75 zu den „Bemerkungen über Gegenstände der physischen Erdbeschreibung, Naturgeschichte und sittlichen Philosophie" zusammenfaßte, teilte er alle Inseln der heißen Erdstriche in hohe und niedere. Die niederen beschrieb er als schmale, ganz flache Korallenklippen, die im Kreise liegen. „Mehrenteils sieht man in ihrem Umkreise hier und dort kleine sandige Stellen, um ein Geringes über den höchsten Standpunkt der Flut erhöht, woselbst Kokospalmen und eine geringe Anzahl anderer Pflanzen fortkommen. Alles übrige dieses Felsenringes ist so niedrig, daß die Wellen fast beständig, auch zur Ebbezeit, darüber in die

Lagune gehen.“ Das sind offenbar Inseln derselben Art, wie Kolumbus sie als sein erstes Land in Westindien gefunden und mit den Worten beschrieben hatte: „Ziemlich groß, ganz flach, hat sehr viel Bäume und viel Wasser, in der Mitte einen großen See, aber kein Gebirge.“



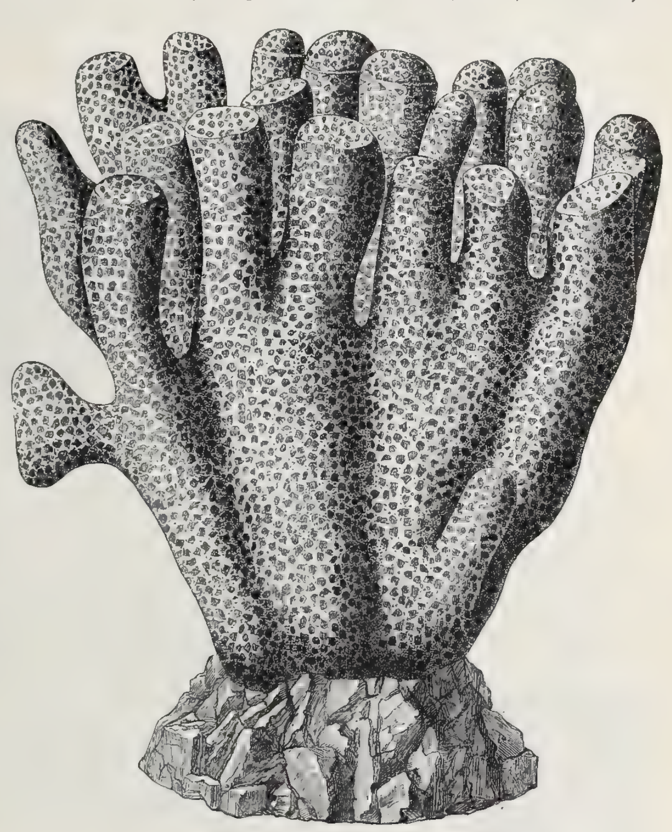
Riffkoralle, Madrepora palmata. Natürl. Größe. a und b etwas vergrößerte Kelche. Nach Alexander Agassiz. Vgl. Text, S. 330.

Unter den hohen Inseln derselben Erdstriche sah Forster eine große Zahl, die von denselben Riffen umschlossen waren. In der häufig wiederkehrenden Bogenform der Koralleninseln sah er den Trieb des „Polypenwurmes“, einen stillen See vom Meere abzusondern, „wo keine heftige Bewegung stattfindet und der Wurm eine ruhige Wohnung erhält“. Spätere Beobachter haben Einzelheiten besser gesehen und eingehender geprüft, aber das Wesentliche an den Korallenriffen hat niemand deutlicher gezeichnet. Man kann sagen, daß mit Reinhold Forster die wissenschaftliche Beobachtung der „niederen“ Inseln und Riffe tropischer Meere als einer besonderen Naturerscheinung erst anhebt. Georg Forster und Chamisso haben dann das einsame Leben ihrer Bewohner so anziehend geschildert, daß die Koralleninseln des Stillen Ozeans zu ebenso vielen Paradiesen in der Vorstellung ihrer Zeitgenossen wurden. Später hat man angefangen, auch die Tiere genau zu beobachten, die diese Bauten errichten. Besonders ihre Farbenpracht bewunderte ein Chamisso. Sie gehört allerdings zur Vervollständigung der Forsterschen Schilderung der „niedrigen“ Inseln. Übertrifft sie doch die Farben der blütenreichsten Wiese. Die Farben sind ebenso lebhaft, aber sie treten

in größeren Massen auf, und ihre Abwechselung ist ungemein reich. „Neben schön veilchenblauen Korallenstöcken leuchten schwefelgelbe empor, dort schimmern uns zart rosenrote entgegen, und wieder hier bilden sie saftig grüne Rasen. Zwischen ihnen, gleich bunten Schmetterlingen über Blumen, schweben wunderbar geformte und in herrliche Farben gekleidete Fische umher; hier haust die in manchen Beziehungen eigentümliche Korallenfauna, die sich dem Leben in diesen ‚Korallengebieten' nicht nur in ihrer Farbe, sondern auch in ihren Gewohnheiten angepaßt hat." (Schauinsland.)

Die Riffkorallen.

Vgl. die Tafel „Korallenriff bei Bogadjim" bei S. 338.



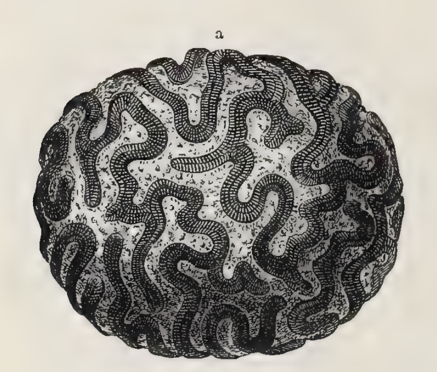
Porites. Nach Alexander Agassiz. Vgl. Text, S. 330.

Verschiedene Familien von Korallen umschließen Arten, die in ihren Geweben Kalk absondern und dadurch die Erbauer von felsenhaften Bänken, Riffen und Inseln werden. Zwei andere Lebenseigenschaften vermehren die Fähigkeit der kleinen, selten mehr als einige Millimeter im Durchmesser haltenden Wesen, mächtige und dauerhafte Werke zu bauen. In der Jugend weich und beweglich, setzen sie sich bald fest und befestigen sich auf dem Boden so, daß es oft leichter ist, den Fels samt ihrem Kalkbau zu zerschlagen, als diesen Bau von seiner Grundlage zu lösen. Und indem sie wachsen, spalten und teilen sie sich, so daß Formen entstehen, die baumartig verzweigt sind, und andere, die dicht aneinander gedrängte strahlige Höhlungen in einer Grundmasse tausendmal wiederholen. Einige Korallen verzweigen sich einzeln, so daß jedes Ästchen eine Koralle trägt, bei anderen stehen Hunderte um einen Zweig, wie an einer Blütenähre. So wie ein Baum oben grünt, wenn unten sein Stamm verholzt ist, so wächst ein Korallenstock auf verkalkter Grundlage immer weiter. Die Kalkabsonderungen finden im Fuße und in der Außenwand statt und bilden ein der Form des Tieres und des Stockes entsprechendes Gerüst. Die Innenseite der einzelnen Kelche, der Sitz der Verdauung, Empfindung und Fortpflanzung, ist weich; beim Tode des Tieres bleibt als Skelett das Gerüst übrig. Der Kalk wird von vielen Korallen in dichten Massen, von anderen in Tafeln oder Körnern abgesetzt, die Lufträume zwischen sich lassen. Ob nun Bäume, Sträucher, Blütenstände, Halbkugeln, Netzwerke, schalenartige Hüllen entstehen: die Wirkung auf den Boden ist immer die

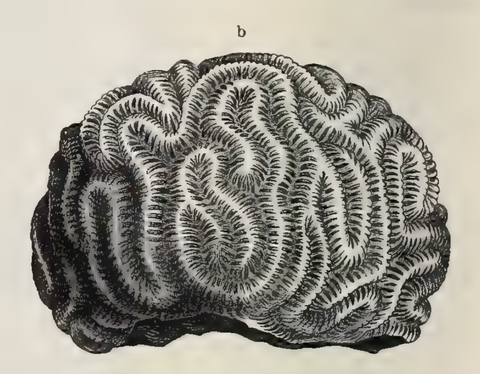
Aufhäufung von Kalk in mehr oder weniger fester Form. Dieses Fortwachsen oben bei langsamem Absterben unten ist der Punkt, wo der beliebte Vergleich zwischen dem Korallenriff und dem Walde aufhört. Denn dieses felsenbildende Emporwachsen oder vielmehr Emportürmen bereichert, erhöht, befestigt dauernd den Boden, dabei entstehen nicht bloß neue Massen, sondern auch sehr merkwürdige neue Bodenformen.

Die wichtigsten der auf diese Weise Riffe bauenden Korallen der Gegenwart gehören alle zu einer Unterordnung der sechsstrahligen Korallen (Hexakorallien), die man wegen ihres

a

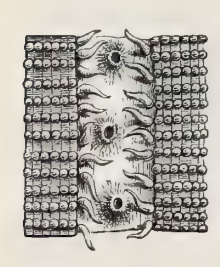


b



Heliastraea heliopora. a Stock mit den Weichteilen, b ohne diese. Natürliche Größe. Nach Brehm.

Kalkgerüstes als Sclerodermata bezeichnet. Die namhaftesten unter ihnen sind die Eporosen mit massigem Skelett, die Fungien mit einzelnen, bis 1/3 m langen Strahlenkelchen, die Perforaten mit porösem Skelett und massigen oder verzweigten Stöcken. In diesen Gruppen tragen dann wieder am meisten zum Riffbau bei die Asträen, Madreporen, Mäandrinen, Favien (s. die Abbildungen, S. 328, 329 und die obenstehenden). In den halbweichen Korallenfamilien der Alcyonien und Gorgonien wird der Kalk nur körnchenweise ausgeschieden. Man nennt sie deswegen meist gar nicht, wenn man von Riffbildung spricht. Aber auch dieser Kalk wird beim Zerfall der fleischigen Teile zu Korallensand. Besonders auf untermeerischen Erhebungen tragen denn auch die Korallen vom Typus Lophohelia und Comatus zum Aufbau bei. Viele andere Tiere und Pflanzen sind am Aufbau der Korallenriffe beteiligt. Doch alle in dem Sinne, daß sie, Korallen wie Nichtkorallen, gleichsam das Baumaterial liefern, womit das Meer die großen Werke gestaltet. Und wenn die Riffkorallen die Steine bilden und bauen, kann man die Nulliporen, Kalkalgen den Mörtel der Riffbauten nennen. Klein, porenlos, dicht, bedecken sie mit Lagen, die bis zu Meterdicke erreichen, die Blöcke des Korallenkalkes und füllen deren Lücken aus. Besonders an der Brandungsseite gedeihen sie und überkleiden dort die Felsen mit einer schützenden Hülle.



Drei Mundkelche von Heliastraea. Vergrößert. Nach Brehm.

Mitwirkende am Bau der Korallenriffe.

Was in der Korallenzone feste Stoffe aus dem Meere niederschlägt, hilft am Bau der Korallenriffe mit. Besonders in den Riffen reichverästelter Korallen ist viel Raum für die Mitarbeit zahlreicher anderer kalkabsondernder Tiere und Pflanzen: Weichtiere, Krustentiere, Würmer, Strahltiere, und von Pflanzen besonders Kalkalgen (Nulliporen). Daher schreiten solche

Riffe rascher im Wachstum fort als die von massigen Korallenstöcken gebildeten. An den Grenzen der Verbreitung der Riffkorallen, z. B. auf den Bermudas, gibt es Riffe, an denen der Anteil dieser Gehilfen des Riffbaues größer ist als der der Riffkorallen selbst. Die Kalkgehäuse von Würmern (Serpuliden, s. die untenstehende Abbildung) nehmen großen Anteil an dem Aufbau der Riffe der Bermudas und des südlichen Brasilien. Solche Würmer überziehen ganze Felsen und bilden diese zu Miniaturatollen um, indem sie am Rande weiterwachsen, so daß die Mitte sich vertieft. Bei näherer Untersuchung zeigt der „Korallensand“ oft nur eine kleine Zahl von Korallenresten, dagegen sehr viele Trümmer von Muscheln und anderen Tier-



Serpula contortuplicata. Natürliche Größe.

schalen. Manche Korallensande bestehen fast ganz aus den Gehäusen von Foraminiferen. Das gilt z. B. von großen Bänken in der Ellicegruppe. Die Bohrungen in Funafuti haben gezeigt, daß die Kalkalgen an dem Aufbau mancher Korallenriffe ebensoviel Teil haben wie die Korallen selbst.

Diese Mitarbeit ist am unmerklichsten und doch sehr wirksam, wo sie von den kleinen Organismen geleistet wird, die den Tiefseeschlamm bilden. Wenn wir ihr Werk erwägen, erscheinen uns die Riffe und Inseln der Korallen nicht mehr als Bauten bestimmter Tiere in begrenzten Meeresteilen und in einem leeren Wasser, das passiv über alledem steht, was auf seinem Boden und an seinen Wänden vor sich geht. Vielmehr ist das Meer erfüllt von immer neuem Werden und Vergehen eines zwar ungleich, aber überall verbreiteten Lebens, dessen Trümmer den Boden des Meeres dicht bedecken. Der größte Teil dieser Trümmer besteht aus kohlensaurem Kalk, und wo Korallen bauen, wird sich dieser in die Lücken ihrer Bausteine legen. Aber es wird auch ein Teil davon durch die Kohlensäure des Meerwassers in um so größerem Maße aufgelöst werden, je tiefer er hinabsinkt. Man wird also mit Murray voraussetzen

dürfen, daß Berge, welche vom Meeresboden aufragen, auf ihren Gipfeln einen reicheren Niederschlag an solchen Resten empfangen als an ihrem Fuß, und daß auf diesen Gipfeln Niederschläge kohlensauren Kalkes emporwachsen können, welche mit der Zeit bis in die Zone der reichlichen Entwickelung der Korallentiere hineinreichen und diesen zur Grundlage dienen. Es gibt auch Thatsachen, die diese Annahme stützen. Schon die Challenger-Expedition hat das Vorhandensein derartiger Erhebungen nachgewiesen, von denen man wenigstens glaubte, daß sie großenteils organischen Ursprunges seien; und Guppy hat in dem Salomon-Archipel gehobene Koralleninseln entdeckt, die eine mantelförmige Ablagerung von Pteropoden- und Foraminiferenschlamm um einen vulkanischen Kern zeigen. Bei der Prüfung der Meeresniederschläge auf den Abhängen untermeerischer Erhebungen zwischen 1500 und 3500 m ergab sich, daß ihr Kalkgehalt, der oben fast 89 Prozent beträgt, am Fuße auf 72 vermindert ist; in den oberen Teilen herrschen Pteropodenschalen, weiter unten Globigerinen vor.

Die heutige Verbreitung der Korallenriffe.[1]

Die nördlichsten Korallenriffe bildet unter 32° nördl. Breite die Inselgruppe der Bermudas im Atlantischen Ozean: ein Atollriff mit drei engen Kanälen trägt sieben größere Inseln und eine Anzahl von Eilanden und Klippen. Im Stillen Ozean ist Laysan unter 25° nördl. Breite ein echtes Atoll mit geschlossener, sehr salzreicher Lagune. Im Indischen Ozean liegen die nördlichsten Riffe an der Sinai-Halbinsel unter nahezu 30°; es sind hier ausschließlich Strandriffe, zum Teil gehobene, zum Teil lebende. Im Atlantischen Ozean sind die südlichsten Riffe auf der Abrolhos-Bank, 18° südl. Breite, im Stillen Ozean Elisabethriff unter 30° südl. Breite und Lord Howes-Insel unter 31° südl. Breite, im Indischen Ozean Houtmansriff vor Westaustralien in 28° südl. Breite, und die Strandriffe an der Küste von Natal bei 30° südl. Breite. Zwischen diesen äußersten Punkten schlingen die Riffkorallen einen Gürtel um die Erde, der im allgemeinen in die Tropenzone fällt. Es ist ein Gürtel von sehr verschiedener Breite, doch in jedem tropischen Meeresteile wird daran gewoben.

Die riffbauenden Korallen sind also echte Warmwassertiere. Sie kommen in der Regel nur in Meeresteilen vor, deren Wasserwärme nicht unter 20° herabsinkt. Gerade wo sie am verbreitetsten sind, wird das Meer an der Oberfläche bis zu 30° warm, und man wird wohl sagen dürfen, die Riffkorallen erreichen ihre größte Entwickelung, wo die Wärme des Meerwassers an der Oberfläche nicht unter 23° herabgeht. Das kalte Auftriebwasser der Luvküsten, von der die Landwinde das warme Oberflächenwasser forttreiben, duldet keine Korallen, an den Leeküsten gedeihen sie üppig im Überflusse warmen Wassers. Wo sie in verhältnismäßig kaltem Wasser von 16—17° C. an den Bermudas vorkommen, sind sie schwächer entwickelt und ärmer an Arten; Madreporen fehlen auf den Bermudas ganz. In Westindien ist die Riffbildung im allgemeinen kräftiger an der Ostseite der Inseln, wo die warme Äquatorialströmung mächtig hinflutet. Doch fand Agassiz im ganzen die Fauna des Barriereriffes von Australien reicher, die Korallen größer, viele Organismen lebhafter gefärbt als in Westindien. Man muß also annehmen, daß die Bauthätigkeit hier entsprechend wirksamer ist, wobei vielleicht weniger klimatische Ursachen in Betracht zu ziehen sind als der spezifische Lebensreichtum des Stillen Ozeans.

Der Stille Ozean und der Indische Ozean, das den Zoogeographen als zusammenhängendes Gebiet der Tierverbreitung wohlbekannte Indopacifische Gebiet, sind das Gebiet der zahlreichsten und größten Korallenriffbauten. Im Stillen Ozean sind von West-Neuguinea bis zu

[1] Ich gebrauche das Wort Korallenriffe für Strand- oder Fransenriffe, Gürtelriffe und Ringinseln ohne Unterschied, um nicht immer wieder die Gesamtheit der Korallenbauten aufzählen zu müssen.

den Paumotu und von Laysan bis zu den Lord Howes-Inseln Strandriffe, Barriereriffe und Ringriffe soweit verbreitet, daß eine von den drei Bildungen in keinem Archipel fehlt, die steilen, tief aufsteigenden Barriereriffe und Ringriffe aber häufiger sind als in irgend einem anderen Gebiete. Gleich in Südost-Neuguinea haben wir ein tiefes Barriereriff und in den Torresstraße Ringriffe; ein noch viel größeres Barriereriff liegt vor Nordostaustralien, wo es vielleicht durch die Wasserarmut des Landes begünstigt ist (s. die nebenstehende Karte). In dem vulkanischen Bismarck-Archipel haben wir vorwiegend Strandriffe, doch liegen um Neuhannover und die Admiralitätsinseln Barriereriffe. D'Entrecasteaux, die Anachoreteninseln, Hermitinseln sind Ringriffe. Neukaledonien ist von einem lang-elliptischen Ring umschlossen. Das Meer zwischen den Louisiaden und Neukaledonien ist so von Riffbildungen durchsetzt, daß man es das Korallenmeer genannt hat. Strandriffe findet man an den vulkanischen Neuen Hebriden und Salomonen, bei den letzteren aber auch Barriereriffe und Atolle. Der aus alten kristallinischen Gesteinen, frühtertiären Ablagerungen und vulkanischen Bergen bestehende Fidschi-Archipel hat Strand- und Barriereriffe und Ringriffe. Dieselben findet man in der Samoagruppe, in den Gesellschaftsinseln, den Tonga-Inseln, der Herveygruppe. Reine Koralleninseln sind die Paumotu mit der einzigen Ausnahme der vulkanischen Mangarewagruppe, die Gruppen Manihiki, Ellice, Gilbert, Marshall, die Karolinen mit Ausnahme der vulkanischen Ponape und Yap, Ruk, die Palau.



Das große Barriereriff mit der Torresstraße. Nach der englischen Admiralitätskarte.

In dem Indischen Ozean setzt sich der Riffreichtum zunächst an den austral-asiatischen Inseln fort. Die Philippinen und Sulu-Inseln haben Strandriffe, ebenso Celebes, Borneo, die Südküste von Java und Sumatra, Singapore; Atolle kommen in der Bandasee vor. Die Andamanen und Nikobaren haben Strandriffe, reine Koralleninseln sind die Kokosinseln, die Weihnachtsinsel, die Gruppen der Malediven, Lakadiven, Chagos, das Riff Saya de Malha. Im westlichen Indischen Ozean zeigen die Maskarenen, besonders Rodriguez, die Seychellen, Komoren, Madagaskar, die Ostküste Afrikas mit den vorgelagerten Inseln, endlich die flußarmen felsigen Küsten des Roten Meeres und des Persischen Meerbusens Strandriffe, zum Teil auch Barriereriffe. Die Armut

an Korallenriffen im größten Teile der asiatischen Gestade und an manchen Küsten der austral-asiatischen Inseln dürfte zum Teil auf schlammige und sandige Ufer, zum Teil auch auf die Masse des Süßwassers zurückführen, das von großen Strömen in das Meer geworfen wird.

Im Atlantischen Ozean ist Westindien reich an Korallenriffen. Das südliche Florida ist von zwei Reihen von Riffen umgeben, den Keys, die aus Korallen- und Muscheltrümmern bestehen, die an manchen Stellen zu einem oolithischen Kalkstein verdichtet sind, und dem noch immer fortwachsenden Außenriff. Die Tortugas kommen einem unvollständigen Atoll am nächsten. Die Bahamas sind durchaus Korallenbauten. Von dem eigentümlichen Bau des



Schlucht in einem Korallenriff, Weihnachtsinsel. Nach Ch. W. Andrews. Vgl. Text, S. 338.

Trümmer-Korallenarchipels der Bermudas werden wir weiter unten zu sprechen haben (vgl. S. 339). Korallenriffe umsäumen die Küsten von Kuba und den anderen Großen Antillen, und von den Kleinen Antillen sind die östlichen zum Teil gehobene Riffe. Vor den Küsten Mittelamerikas liegen kleine Barriereriffe und Atolle. An der Küste Venezuelas kommen Strandriffe vor, ebenso an der brasilischen von 2° südl. Breite an. Die Abrolhosbänke tragen große Riffbildungen.

Als Gebiete in dem Riffkorallengürtel, wo Korallenriffe völlig fehlen, sind zunächst die Küsten Westafrikas und die davorliegenden Inseln, auch die Kapverden, auf der amerikanischen Seite die Küsten von Guayana und das Mündungsgebiet des Amazonas zu nennen. Im Stillen Ozean ist die Westküste Amerikas rifflos, mit Ausnahme weniger kleiner Riffe an den Galapagos und an der mittelamerikanischen Südküste. An dieser Küste sind kleine Kolonien auch bei La Paz in der Nähe der Spitze der Halbinsel Kalifornien nachgewiesen. Im Indischen Ozean sind die Küsten Vorderindiens und die Westküste Hinterindiens rifflos, mit Ausnahme der Palkstraße und Ceylons, ebenso die Westküste Australiens.

Die erste Ursache der Verbreitung von Riffkorallen ist allerdings die Wärme des Meeres an der Oberfläche; daneben kommen aber auch Luft- und Meeresströmungen, Eigenschaften des Bodens und der Einfluß einmündenden Süßwassers mit in Betracht.

Die Tiefengrenze der Riffkorallen und die Tiefe ihrer Bauten.

Als Tiefengrenze riffbauender Korallen werden gewöhnlich 35—45 m angegeben, doch kommen zahlreiche riffbauende Korallen auch noch tiefer vor. Einzelne findet man in 90 m Tiefe. Aber die Grenze, bis zu der riffbauende Korallen ein wirklich üppiges Wachstum und damit eine rege Bauthätigkeit entfalten, liegt höher. Für die Floridariffe hat Alexander Agassiz die Tiefengrenze bei den Bermudas auf 31, bei den Bahamas auf 35 m bestimmt, und Saville-Kent nennt in seiner großen Arbeit über das australische Barriereriff 55 m als äußerste Grenze, hat aber ein wirklich kräftiges Wachstum nur bis 27 m gefunden.

Die Tiefen an den Koralleninseln sind oft sehr groß. Die meisten Koralleninseln stürzen mit steilen Hängen zu Tiefen von mehreren Hundert, ja Tausenden von Metern hinab. Die Weihnachtsinsel, von der schon Dampier sagte: „tiefes Wasser rings um die Insel und kein Ankerplatz", steigt aus Tiefen von 1000 Faden auf, die 3—5 km von der Küste angetroffen werden. Das Bougainvilleriff im Stillen Ozean fällt die obersten 100 m senkrecht, dann weitere 100 m mit 76° und die letzten 250 m mit 53° Neigung ab. Die Macclesfieldbank im Südchinesischen Meere fällt 1300 m mit durchschnittlich 51°. Die genaue Auslotung des Meeres um die Ellice-Insel Funafuti, eine Riffinselgruppe von 35 Eilanden um eine große Lagune (s. oben, S. 331), zeigt einen Kegelberg von ungefähr ovalem Umriß am Boden von 55 km Durchmesser. Zuerst steigt der Berg langsam von 3600 m an, dann steiler, von 700 m an sehr steil, und die letzten 250 m sind wie fast senkrechte Klippen, die so oft beschrieben worden sind.

Es gibt Atolle, deren Lagunen (s. unten, S. 345) tiefer sind als die äußerste Grenze riffbauender Korallen. Ebenso sind auch die Barriereriffe oft breit und tief. Bei den Lagunen ist die große Tiefe besonders auffallend dort, wo sie durch seichte Eingänge mit dem Meere in Verbindung stehen. In dem Atoll vor Raraka (Paumotu) ist der Eingang nur 9—15 m tief; es geht aber dann sofort auf 55 m und weiterhin noch tiefer hinab. Sikaiana oder Stewart im Salomons-Archipel hat nur einen kaum für Boote fahrbaren Kanal als Eingang in die 36 bis 55 m tiefe Lagune.

Ob nun diese Tiefen und Steilabfälle dem Korallenbau selbst angehören, oder ob etwa untermeerischen Bergen und Klippen, auf denen die Korallen sich erst später angesiedelt hätten, ist lange eine offene Frage gewesen. Man kann sie heute für gelöst halten zu gunsten des Korallenbaues. Brunnengrabungen auf Hawaï hatten bereits früher Korallenfels in großer Tiefe gefunden, und eine australische Expedition hat 1897 auf der Insel Funafuti der Ellicegruppe (s. oben) 390 m tief in den Korallenfels gebohrt, ohne ihn zu durchdringen. Sie fand bis in die größte Tiefe wohlerhaltene Korallen. Wohl überkleiden Korallen Felsgesteine, und so scheint das korallenriffähnliche Hafenriff von Pernambuco durchaus Sandstein zu sein, den die Korallen und Serpulen überwachsen haben. Auch aus Key West meldet man von einer Bohrung, die nur in der obersten Schicht von 16 m Korallenkalk fand. Aber die Regel ist der einheitliche Korallenbau von der Sohle herauf.

Hier liegt nun der Kern des Problems der Koralleninseln. Woher dieses Hinabreichen in Tiefen, die viel größer sind als die bekannten tiefsten Punkte des Vorkommens riffbauender Korallen? Da diese tiefen Bauten, so recht eigentlich die Fundamente der

Koralleninseln, nur in einem höheren Niveau entstanden sein können, mußte nach ihrer Entstehung entweder das Land gesunken oder das Meer gestiegen sein. Mit anderen Worten: mächtige Korallenriffe, die dicker sind als die Zone, innerhalb deren Riffkorallen gedeihen, können nur entstehen, wenn sich der Abstand zwischen Meeresgrund und Oberfläche vergrößert. Die Regel ist, daß es durch Sinken des Meeresbodens geschieht.

Das Wachstum der Korallenriffe.

Unter günstigen Bedingungen wachsen die Korallen rasch. Aus dem Vergleich der älteren mit neuen Karten des ostaustralischen Riffes oder der Torresstraße ergibt sich eine Masse von



Madreporen auf der Leeseite von Apia. Nach Augustin Krämer.

Verengerungen und Verseichtungen durch Korallenbau. Nach Pourtalès wuchsen in den Tortugas Madreporen in 64 Jahren 5 m, Okulinen 11 cm in 14 Jahren, Mäandrinen 4 m in 20 Jahren. Auf Bimsstein vom Krakatoa-Ausbruch von 1883 hatten sich schon zwei Jahre nachher Korallenkrusten von 10 cm und Madreporen mit 7 cm langen Ästchen entwickelt. Aber das Wachstum ist ungleichmäßig. Alle diese und ähnliche Angaben über das Korallenwachstum beziehen sich auf besondere Fälle. Da Auflösung und Zertrümmerung daneben hergeht, können diese Angaben keinen Maßstab für das Ganze geben. Das Wachstum der Riffe ist am reichsten am Abhang und in der Brandung, während es an der Oberfläche wegen geringer Wassertiefe leicht gehemmt ist. Schon Escholtz hat die Wirkung der Brandung auf die Korallentiere mit dem Begießen der Blumen verglichen, nur daß die Brandung nicht bloß Wasser, sondern auch Luft, Salze, organische Nährstoffe herführt. Flache Riffe sind oft am Rande wie mit einer Blumenreihe eingefaßt. Bei ruhigem Wachstum schafft die Reihe der Generationen,

die aus einem Korallentier entsprungen sind, gewaltige Werke. Man hat Blöcke von 6 m Durchmesser gefunden, die nichts als eine einzige Kolonie einer Poriteskoralle sind. Es gibt auch Riffkorallen, welche Trockenlegung bei Ebbe ganz gut ertragen. Schon Dana hat beobachtet, daß Porites und Siderastraea von Sonne und Trockenheit nicht leiden. Einzelne Korallen ertragen Aussüßung des Wassers, wie (nach Dana) Madrepora cribripora. Porites limosa lebt sogar in schlammigem Wasser. Süßwasser wirkt aber ebensowohl an sich als auch durch seine Schlamm- und Sandführung entschieden hemmend auf das Wachstum der Korallen. Es mag wohl richtig sein, daß Neucaledoniens großes Lagunenriff sich deshalb so regelrecht zusammenhängend entwickeln konnte, weil große Flußläufe dem Gebiete fehlen.



Das Ostriff im Apia-Hafen. Nach Augustin Krämer. Vgl. Text, S. 338 und 342.

Meeresströmungen führen Riffkorallen Nahrung zu und begünstigen dadurch ihre Bauarbeit. Indem sie an den Küsten hin Sand und Schlamm verlagern, schaffen sie auch den Boden für neue Bauten. Begünstigt durch die Wärme und vielleicht auch den Nahrungsreichtum in der Nähe der Oberfläche, breiten sich die einzelnen Riffe oft nach oben zu aus wie Hutpilze. Auf der Abrolhosbank vor der brasilischen Küste gibt es solche Riffe, die aus 20 m Tiefe pilzförmig aufsteigen und von den Eingeborenen Chapeirões, Hüte, genannt werden. An der Innenseite des Riffes breiten sich die Korallen pilzförmig im ruhigen warmen Wasser aus, und solche, die hügelförmig zu wachsen pflegen, werden cylindrisch und bilden, hart nebeneinander aufstrebend, ein „cyklopisches Pflaster“, wie Dana es nennt.

Es ist auch aus anderen Gründen ein großer Unterschied zwischen einem äußeren, mitten in der Brandung stehenden und steil zu großen Tiefen abfallenden Riffe und einem in stiller Lagune wachsenden. Das australische Barrierriff besteht aus gestreckten, nach außen konvexen Außenriffen und aus unregelmäßig gestalteten, auch kreisrunden, inselförmigen Innenriffen, dazwischen laufen Kanäle bis zu 170 m Tiefe. Der Buchten- und Rinnenreichtum der Riffe begünstigt zahlreiche Strömungen, auch Unterströmungen, welche die Gestalt der Riffe beeinflussen

und besonders ihre Kanäle tief erhalten. Von Wind und Gezeiten hereingetriebenes Wasser strömt mit solcher Gewalt durch die Lücken des Riffes hinaus, daß ein Boot es schwer findet, dagegen anzukommen. So erklären sich wohl nicht nur die breiteren und tieferen Eingangsthore der Riffe, sondern auch schmale, scharf eingeschnittene Kanäle (vgl. die Abbildung, S. 334). Und die mannshohen Pfeiler, in die manche Riffwand zerfällt, sind wohl nicht nur Brandungsarbeit. Wind und Wellen mögen noch manche seltsame Bildung an den Korallenriffen erklären. Tiefe, steilwandige Gruben, in deren Tiefe die Korallen fröhlich vegetieren, findet man auf der Leeseite der Riffe. Vielleicht begünstigen hier überschlagende Wellen ihre Entstehung. Bruchstücke von härterem Korallenfels höhlen in dem weicheren Gestein Riesentöpfe von jeder Tiefe aus, die dann wohl auch wieder durch neues, buntes Korallenwachstum ausgefüllt werden. (Vgl. zu alledem die beigeheftete Tafel „Korallenriff bei Bogadjim".)

Solche Ungleichheiten vermögen einen größeren Einfluß auf die Bildung der Korallenriffe zu üben, als es im Anfange scheinen mag. Semper sah, wie das Wasser auf kleinen kreisförmigen Riffen bei Ebbe stagnierte, während rings am Brandungsrande das Korallenwachstum fortschritt und das abströmende Wasser tiefe Rinnen bildete. Wenn der Nordteil der Palau-Inseln aus Atollen, der mittlere aus Gürtel-, der südliche aus Fransenriffen besteht, alle aber fast ganz aus Korallenkalk aufgebaut sind, glaubte er hier solche Wirkungen im großen wiederholt zu sehen. Die Malediven zeigen ähnliches.

Bei so ungleichem Wachstum ist ein Korallenriff jedenfalls nicht einem wohlgeordneten blütenreichen Garten, sondern einem weiten Felde zu vergleichen, wo da ein Stück brachliegenden Landes, dort üppige Blütensträucher, hier magerer Rasen oder Heide, an nicht wenigen Stellen sogar ganz kahle, dürre Stellen auftreten (s. die Abbildung, S. 337). Einige Strecken grünen und blühen, andere sind ärmlich besetzt oder ganz öde. Noch besser vergliche sich wohl das Korallenriff mit einem Urwalde, wo Reste derselben Bäume, die den Wald bilden, zugleich auch seinen Boden zusammensetzen. Der Boden ist hier nur gewesener Wald. So wachsen und blühen die Korallen auf den Resten von Korallen auf. Und wie die Bäume des Urwaldes aus der Verwesung ihrer Vorgänger ihre eigene Nahrung ziehen, so liefern die zerfallenden Korallen den werdenden den Stoff zu ihrem Aufbau. Nicht nur fügen Reste verdunstenden kalkhaltigen Wassers schalenartige Überzüge von mehreren Zentimetern Dicke zu dem Korallenbau, sondern es sind wohl die großen Massen körnigen Kalkes in den Riffbauten als Ausscheidungen gelösten Kalkes aufzufassen. Unaufhörlich zermahlt die Brandung. Das vom zerriebenen Korallensande trübe Wasser, das der Sturm kilometerweit wegführt, gehört darum zu den Anzeichen der gefährlichen Nähe der Riffe. Die Kohlensäure im Meerwasser beschleunigt die Auflösung der herabsinkenden Kalktrümmer, von denen man daher auffallend wenig auf dem tieferen Meeresboden findet.

Der mechanische Aufbau.

Von den festen Ausscheidungen der riffbauenden Organismen hängt das Material, die Verbreitung und zum Teil die Form der Riffe ab. Insoweit sind es organische Werke. Das Meer greift durch Brandung und Strömungen mächtig mit zu: so werden die Riffe zu einem großen Teile auch rein mechanische Werke. Die Brandung hat wohl ihren Anteil an der Ernährung der Riffkorallen, sie zerstört aber viel mehr, bricht ab, zerkleinert und bewegt von der Stelle.

Die Werke der Riffkorallen erleichtern ihr nicht selten die Arbeit. Von dem Riff, das die Oberfläche erreicht hat, brechen große und kleine Stücke los, welche Schutthalden unter der Meeresoberfläche bilden. Von diesen Schutthalden aus findet neues Riffwachstum nach außen statt. Es gibt nämlich auf den Korallenriffen mächtige Blöcke Kalkstein, die nur durch einen dünnen Hals mit dem Grunde verwachsen sind. Aus dem Abbrechen des Halses ist das

Ein Korallenriff bei Bogadjim, Astrolabe-Bai, Neuguinea, während der Ebbe.

Vorkommen von 100 cbm enthaltenden Riesenblöcken auf den Riffen zu erklären. Ähnliche Blöcke waren es wohl, von denen die Schiffer erzählen, daß sie auf einem Riff auffuhren, das plötzlich zerbrach und den Kiel wieder in tiefes Wasser setzte. Die Windseite der Riffe ist durch diese Mitarbeit immer etwas höher als die Leeseite. Nicht überall ist aber die Brandung so stark, daß sie nur mechanisch mitbaut, wie auf der dem vollen Ansturm der Passatbrandung ausgesetzten Ostseite von Hawaï, wo die Riffe nur aus Trümmerwerk bestehen, während auf der stilleren Westseite die Korallen und andere Tiere an den Riffen ruhig gedeihen.

Und zwar glaubt Guppy, daß das Riff nicht gleichmäßig am Rande weiter wachse, sondern daß es gleichsam sprungweise dadurch seinen Rand hinausschiebe, daß nach außen vom jetzigen Brandungssaume Korallenringe emporwachsen, die beim Erreichen der Oberfläche den einwärts liegenden Raum vom Meere abschneiden, ihn zur Lagune umbilden und dann mit der Zeit ausfüllen. Er meint, um die Keelinginseln seien mindestens drei solche submarine Wälle, heranwachsende Außenriffe, in Bildung, der innerste von 12—15, der äußerste von 70—90 m Wasser bedeckt, alle voneinander getrennt durch Sand und Korallentrümmer. Außerdem glaubt er auch auf der Riffoberfläche Spuren der konzentrischen Wälle nachweisen zu können, die ein solches Wachstum voraussetzt.

Ein Gebilde für sich sind die Riffe und Inseln, die zwar aus Korallenkalk, aber nur aus toten Trümmern aufgebaut sind, teils aus Kalksand, der oft bald zu einer oolithischen Bildung verkittet, teils aus feinen, schlammartigen Sedimenten. Petrographisch gibt es keinen Unterschied zwischen organogenem Kalksand und Korallenkalk, und in alten Riffen mögen beide ineinander übergehen. Eine solche Bildung sind die Bermudas, sowie die Key-Inseln, welche im Bogen um die Südspitze Floridas herumziehen, eine Reihe langgestreckter, schmaler, niedriger, durchschnittlich 2—3 m hoher Inseln (nur Key West hat an manchen Stellen 6 m), die ausschließlich aus Anhäufungen von gröberen und feineren Trümmern von Korallengestein und zerbrochenen Schalen von Muscheln und anderen Seetieren bestehen. Teils als Sand, der nicht selten durch den Wind zu Dünen aufgeweht ist, teils schon verkittet, wobei ausgesprochen oolithische Struktur und diskordante Lagerung der jungen Kalksandsteine (s. die Abbildung, S. 340) hervortritt, bauen sie ihre Inseln durchaus nicht ringförmig auf, ausgenommen im äußersten Westen der Kette.

Kalksand bildet einen großen Teil des Bodens der Koralleninseln. Der Wind verträgt ihn, schüttet ihn zu Dünen auf und erhält so auch seinen Anteil am Riffbau. Ganze Inseln werden umwallt. Der Rand der Koralleninsel Juan de Nova in der Mosambikstraße ist mit 15 m hohen Dünen umlagert, ihr Inneres ist nur 1 m hoch. Dem Wind ist es zu danken, daß so viele niedrige Koralleninseln an Düneninseln erinnern: weißer Sand und fahler, graulicher Anhauch niederen Pflanzenwuchses. Solche Sandbildungen wechseln manchmal mit dem dichten Korallenkalk ab. Die ersten Ergebnisse der Bohrungen auf Funafuti war Korallensand bis 30 m Tiefe. Als man später tiefer ging, durchdrang man Sandschichten bis 180 m. Man kam endlich bis 330 m und fand immer nur organischen Kalk, zum Teil mit wohlerhaltenen Korallen. Die Bildung solcher Wechsellagerungen muß man sich folgendermaßen vorstellen: die Korallen bauen sich auf einer Bank an, erhöhen sie so weit, daß ihre Trümmer sich als Sanddünen auf ihnen anhäufen, und diese Sanddünen verkitten dann zu Oolith, der bei einer Senkung den besten Boden für neue Korallenbauten abgibt. So mögen auch manche felsenhafte Korallenriffe in verschiedenen Teilen Westindiens entstanden sein. Aus dem Sande wird mit der Zeit Sandstein, und diese Korallensandsteine stufen sich im Kerne vom klingenden Marmor bis zum groben Konglomerat ab, in dem man die Muscheln und Korallenbruchstücke erkennt. Zu Kalkfels umgewandelte Dünenzüge, nordwestlich-südöstlich gerichtet, bieten einen merkwürdigen Anblick auf den dem Nordostpassat ausgesetzten Bahama-Inseln. Aus solchen Bildungen besteht auch die

Südspitze von Florida. Auf Maui im Sandwich-Archipel reichen solche äolische Bildungen bis 240 m. Manches scheinbar gehobene Riff mag in Wirklichkeit nichts anderes sein.

Die Tiefbohrungen im Korallenriffe von Funafuti der Ellicegruppe haben neben mächtigen Zwischenlagerungen von Korallensand auch das Vorhandensein von zahlreichen Hohlräumen im Inneren des scheinbar mauerartig dichten Riffbaues bestätigt. In vielen Fällen wird zwar das Riff durch nachwachsende Korallen und andere hartschalige Tiere und Pflanzen, besonders Nulliporen, in seinen Lücken ausgefüllt und durch die Zusammenkittung der von der Brandung übereinander geworfenen Trümmer mit der Zeit immer dichter, mauerartiger werden; aber doch sind die Beispiele von bogenförmig zusammengewölbten Riffen, von Höhlen und pilzförmig überdachenden Bauten und dergleichen häufig. Solche Bögen, von Korallen aufgewölbt, haben Walfischfänger bis zu 100 m lang gefunden, wenn harpunierte Walfische an der Leine sich in dieselben verschlupften. So erklärt sich auch die Verbindung von Seen und Sümpfen im Inneren von Koralleninseln mit dem Meere und die Häufigkeit der Höhlen in altem und neuem Korallenkalk, wie wir sie unter anderem in Sansibar und an der gegenüberliegenden Festlandsküste finden. Ja, es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, daß genauere Untersuchungen der Riffe die Hohlräume als regelmäßige Erscheinungen nachweisen werden, die wenigstens die äußeren Teile eines Riffes wie Poren einen Schwamm durchsetzen.



Schräggelagerte Korallensanddüne auf den Bermudasinseln. Nach Ralph S. Tarr. Vgl. Text, S. 339.

Der Baugrund.

Sehr verschieden ist der Boden, auf dem Korallen bauen. Im Stillen Ozean ragen sie aus der Tiefsee, fern von Kontinenten auf; Tiefen von 2000 m sind dort nahe bei Koralleninselgruppen nicht selten. Ähnlich im südlichen Indischen Ozean. Im Antillengebiete dagegen bauen die Korallen in einem Mittelmeere voll Gebirgstrümmern und untermeerischen Massiven. Und das große Australriff sitzt dem Kontinentalrande auf. Sehr steile Küstenabfälle bieten keinen hinreichenden Boden für ganze Riffe. Die Gruppe der Markesas, die vulkanische Westkette der Kleinen Antillen sind vermutlich wegen ihrer steilen Küsten sehr arm an Korallenriffen. Vielleicht wirkt aber vulkanische Thätigkeit an und für sich schädlich; wenigstens ist es

überraschend, daß die so thätige Vulkaninsel Hawaï fast rifflos ist, während die Nachbarinseln mit ihren erloschenen Vulkanen stark mit Riffen besetzt sind. Vielleicht hängt die gewaltige Entwickelung der Riffe in dem Meere von Neukaledonien mit dem nicht vulkanischen Bau dieser Insel zusammen. Wir wissen, daß Riffkorallen keinen festen Grund brauchen, um zu gedeihen. Sie siedeln sich auf einzelnen Steinen, auch leichten Bimssteinen an, auf sandigem und kiesigem Grunde, und Ortmann fand an der Chokirbank bei Dar-es-Salâm Asträen und Poritiden, die auf allen Seiten hin lebende Kelche entwickelt hatten, weil sie gar nicht festsaßen, sondern von den Wellen hin und her bewegt wurden. Auf reinem Sande siedeln sich die Korallen nicht so leicht an, wie wenn dieser durch eine Seegrasvegetation befestigt ist. Natürlich müssen sie bei fortschreitendem Wachstum einsinken, und wir erfahren, daß auf der Koralleninsel Onrust bei Java wachsende Felsen von 20 m Mächtigkeit 7 m in den Schlamm versunken waren.

Grundschwankungen in Riffgebieten.

Charles Darwin sagt angesichts der Korallenriffe und -Inseln des Stillen Ozeans: „Die riffbauenden Korallen haben uns wunderbare Aufzeichnungen über Schwankungen des Erdbodens aufbewahrt; in jedem Barriereriffe sehen wir einen Beweis, daß das Land sich dort gesenkt hat, und jedes Atoll bietet uns ein Merkzeichen für eine nun verschwundene Insel. Dadurch dürfte es uns ermöglicht werden, gleich einem Geologen, der zehntausend Jahre gelebt und über die vorkommenden Veränderungen Buch geführt hätte, einen Einblick zu erlangen, wie das Wirken der Naturkräfte die Oberfläche unseres Planeten verändert hat, daß jetzt der Ozean flutet, wo früher Ländergebiete sich erstreckten und umgekehrt.“

In dem Vorkommen von Riffkorallenkalk, der unter 40 m nicht entstehen kann, in Tiefen von 1000 m und darunter, liegt in der That ein greifbarer Beweis, daß Senkung stattgefunden haben muß. Man war jedoch berechtigt, noch andere Beweise für Senkungen in Riffgebieten zu verlangen, so lange keine genauen Messungen der Tiefe von Korallenriffen und vor allem keine Bohrungen vorlagen. Eine Beobachtung, wie die von Jukes, der versteinerte Schildkröteneier im untergetauchten Korallsandfels fand, war also wertvoll: diese Eier müssen mit dem Sande gesunken sein, in dem sie abgelegt worden waren. Dana hat dann zuerst auf andere Merkmale der Senkung an den von Lagunenriffen umschlossenen Inseln aufmerksam gemacht, z. B. auf die fjordartigen Einschnitte von Hogoleu (Karolinen), Raiatea, Wanikoro.

Daneben sind aber wider Erwarten auch die von der Theorie nicht geforderten Hebungen in einer Menge Beispielen von Korallenriffen, die mit ihren Küsten gehoben sind, und sogar von Atollen in Hebungsgebieten nachgewiesen worden. Sie kommen vor auf den Philippinen, an der Nordseite Madagaskars, im Roten Meer, an den Neuen Hebriden und Salomoninseln, in einigen Teilen des Antillenmeeres, an der brasilischen Küste auf den Abrolhosriffen und an der Westküste Australiens. Unter diesen gehobenen Riffen sind tertiäre bis zu 250 m Höhe auf den Fidschi-Inseln gefunden worden, während in der Herveygruppe, auf den Salomonen und in den Antillen Riffe neuer Bildung in 30—140 m Höhe vorkommen. Wahrscheinlich werden sich auch die von Dahl in 570 m auf der Gazellehalbinsel gefundenen Riffe als ältere erweisen.

Eines der schönsten Beispiele von gehobenen Koralleninseln ist die Weihnachtsinsel, die in 10° 25′ südl. Breite gerade südlich von Java liegt, von einem lebendigen Saumriff umzogen. Wechsellagernde Kalksteine, an deren Bildung Foraminiferen einen großen Anteil haben, Laven und unterseeisch aufgehäufte Tuffe sind der Unterbau von Korallenriffen, die in verschiedenen Terrassen bis 340 m gehoben sind. Die einstige Lagune des Atolls bildet jetzt das zentrale Plateau, und Inselchen, die sich in ihrem Umkreis erhoben, sind heute Hügelreihen, steile Korallenfelsgruppen ragen als Türmchen und Klippen empor.

Riffe.

Da die riffbauenden Korallen nicht unter einer gewissen Tiefe leben können, sind sie darauf angewiesen, an den höheren Küstenhängen und auf untermeerischen Bänken sich anzusiedeln. Es ist geradeso, wie in unseren Teichen die Seerosen die Ufer und die Inseln umgürten, weil sie dort den Boden für ihre Wurzeln finden. Deswegen ist in den tropischen Meeren das Bild der Küste oder Insel häufig, die steil abfällt bis zum Wasserspiegel, wo sie in einen breiten, flachen Küstensaum übergeht, der bei Ebbe kahl daliegt, während bei der Flut die Brandung darüber hingeht. Nähert man sich zu Schiff einer Riffküste, so erblickt man, schon ehe das Land auftaucht, eine weiße Linie der Brandungswellen, die oft Meilen hinauszieht. Das Riff selbst wird erst aus großer Nähe erkannt, wenn die gewaltigen Brecher der Brandung einmal zurückströmen und den Felsen freilegen. Keineswegs ist das Riff eine einförmige Fläche (vgl. die Abbildungen, S. 337 u. 345). Kanäle durchschneiden es, oft besteht es in seiner ganzen Ausdehnung aus Korallenblöcken, die nur in der Tiefe zusammenhängen, nicht selten ragen auch einige, von der Brandung hinaufgewälzt, über die anderen hervor. Ein großer, überall wiederkehrender Unterschied der Riffe liegt darin, daß diese sich entweder unmittelbar an den Fuß des Landes anschließen und sich als seine Fortsetzung ins Meer hinausziehen, oder, durch einen Meeresarm vom Lande getrennt, einen besonderen Gürtel zwischen dem Küstenwasser und der offenen See bilden; in diesem Falle liegt es wie eine Nehrung zwischen dem Haff und dem Meere. Das erste Riff nennt man Fransenriff, das zweite Gürtelriff oder Barriereriff.



Das Totoyariff in den Fidschi-Inseln. Nach Alex. Agassiz. Vgl. Text, S. 344.

Es gibt Inseln, die nur von Fransenriffen umgeben sind, und andere, die in weitem Bogen „umgürtelt" wie im Schutze natürlicher Molen in ihrer stillen Lagune liegen. Aber es gibt auch Inseln, die auf der einen Seite ein Fransenriff und auf der anderen ein Gürtelriff haben. Es ist auch nicht jedes Riff, das von der Küste entfernt ist, ein Gürtelriff. In Flachseegebieten bilden sich in verschiedenen Entfernungen vom Land Riffe und ziehen wohl auch

gürtelförmig, ohne die Lagune und den steilen Abfall eines echten Barriereriffes, dem Land entlang. Auch ist ein Unterschied zwischen den Gürtelriffen Nordostaustraliens oder Neukaledoniens, die zwischen einem Steilabfall in die Tiefsee und einer tiefen Lagune vor ihrer Küste hinziehen, und anderen, die mit ihrer Küste zusammenhängen oder nur durch seichtes Meer von ihr getrennt und so eigentlich gar keine echten Gürtelriffe sind. Wenn die Lagune zwischen dem Riff und dem Lande mit nachwachsenden Korallenbauten so gefüllt ist, daß sich kein Boot mehr durchwinden kann, und daß bei Ebbezeit die mit Speeren fischenden Eingeborenen sich auf ihnen herumtummeln und ihre schmalen Kanäle durchschreiten (vgl. die Tafel bei S. 338), so ist der Unterschied vom Fransenriffe verschwindend. Es kommt aber auch vor, daß ein Gürtelriff



An der Nordküste von Navutuiloma, Yangasagruppe, Fidschi-Archipel. Nach Alexander Agassiz.

40 km von dem mit einem Fransenriffe besetzten Land entfernt hinzieht; so ist es an der Westseite von Vanua Levu (Fidschi). Gemeinsam ist beiden Gattungen von Riffen der steile Abfall nach außen. Das in der Brandung üppig vor sich gehende Wachstum macht zusammen mit den einschneidenden Strömungen den Außenrand des Riffes sehr ungleich, tiefe Einschnitte wechseln mit vorspringenden Klippen ab, auch ist dieser Rand durch das stärkere Wachstum der Korallen und der hier besonders häufigen Nulliporen, ferner durch hinaufgeworfene Blöcke erhöht und trägt oft die Hohlkehle der Brandungswirkung (s. die obenstehende Abbildung). An der Innenseite fehlt diese mechanische Wirkung, und außerdem hemmt dort oft salzarmes Wasser das Wachstum.

Es gibt kleine Inseln, die in einem Gürtelriff von 120 km Durchmesser liegen. Neukaledonien wird auf seiner ganzen Westseite 400 km weit von Riffen begleitet, und diese setzen sich noch 240 km weiter nach Norden fort. Das größte, wenn auch durchbrochene, aber doch in einer Linie ziehende Riff ist das von Nordostaustralien, das vom Kap York bis gegen 25° südl. Breite in 2000 km Länge vor dem Lande liegt. Die Lagune dieses Riffes ist 30—100 km breit und die Tiefe schwankt zwischen 15 und 40 m, wird aber nach Süden zu größer, wo auch

die Breite zunimmt. Auch in den Lagunen der Gürtelriffe von Fidschi (s. die Abbildung, S. 342) kommen Tiefen von 60 m vor. Solche Lagunen bilden auf Hunderte von Kilometern bequeme, sturmsichere Wege und Häfen für die Schiffahrt. Liegen sie vor Land von beträchtlicher Höhe und Ausdehnung, dann verschmälert sie wohl der Niederschlag einmündender Flüsse, die in ihrem Schutze selbst Deltas aufbauen.

Auf Untiefen wachsen Korallen zu Riffen in offener See, die Inseln und Dämme zu einem gefährlichen, durch seichte Kanäle getrennten Geflecht verbinden, oder die, aus unbekannten Gründen nicht weiterwachsend, in einer geringen Tiefe oder 40 bis 50 m unter dem Meeresspiegel liegen. Solche Bänke findet man bis zu 40 km Länge z. B. in der Ellicegruppe; die große Macclesfieldbank in der Südchinasee (16° nördl. Breite) ist riffgekrönt, ebenso das Abrolhosriff vor der brasilischen Küste und das Gran Chagosriff im Indischen Ozean, das 150 km lang und 6—17 m tief ist. Von dem Abrolhosriff sagt Hartt: „Die Korallen wachsen auf kleinen Flecken, ohne sich viel auszubreiten, turmartig bis zu 12, 15 und mehr Metern. Sie verschmelzen nicht überall miteinander zu Inseln. Aber im nördlichen Teile haben sie ein großes Riff gebildet, das bei Ebbe freiliegt.“

Geselliges Auftreten gehört zur Natur der Korallenriffe und Koralleninseln. Es ist eine Folge ihres sprossenden, zweigenden Wachstumes, dem Wachstum des Grases oder der Heide vergleichbar. Wo in tropischen Meeren eine Küste, sei es von Festland oder Insel, nicht allzu steil ins Meer fällt, da erscheinen die umgürtenden Strandriffe so regelmäßig, daß wir nach Ursachen ihres Ausbleibens suchen, wenn sie fehlen; als solche finden wir dann hauptsächlich kalte Strömungen und Auftriebswasser, allzu steile Uferabfälle, Einmündungen schlammreicher Flüsse.

Die Ringinseln oder Atolle.

Das eigentümlichste Gebilde der organischen Bauthätigkeit der Korallentiere und Genossen und der unorganischen Zerstörungsthätigkeit der Brandungswelle sind die Atolle[1], unterseeische Bänke, deren Ränder über den Meeresspiegel hervorragen, wo sie Inseln aus in sich zurücklaufenden Riffbögen, die eigenartigste aller Inselformen überhaupt, bilden (s. die Abbildung, S. 345). Selten ragen sie mehr als 3—4 m über Fluthöhe. Dem Schiffer entwickeln sich aus einigen dunklen Pünktchen am Horizont die wogenden Blätterbüschel der unvermeidlichen und unentbehrlichen Kokospalme, darauf sieht er den weiß aufschäumenden Brandungsstreifen, hinter dem dann erst als Letztes das schmale, niedere Land der Insel gelblich und graulich zum Vorscheine kommt. Kommodore Wilkes vergleicht daher die Paumotugruppe aus der Entfernung mit einer Schar vor Anker liegender Schiffe, deren Masten und Takelwerk die Palmen nachahmen. Dem, der den klippigen, scharfblockigen Boden dieser niedrigen Inseln betritt, entfaltet sich aber bald ein Bild voll packender Gegensätze: die brausende Brandung, der weiße Fels, die Palmenhaine und jenseits die Lagune in ihrer tiefen, stillen Bläue, welche vielleicht von ein paar weißen Inseln durchbrochen wird. Vom Strande leuchtet unter den grauen, geknickten Schwertblättern des Pandanus, den grüneren der halbwüchsigen Kokospalmen, den lorbeerartig dunkelglänzenden der Nono (Morinda) der Korallensand gelbweiß bis fleischrot hervor.

Das Kartenbild zeigt uns für Atolle die Grundform einer in sich zurücklaufenden Linie, die

[1] Das Wort Atoll ist, nach W. Geiger, maledivischen Ursprunges. Pyrard sagt in seiner Beschreibung der Malediven: „Sie sind von Natur in 13 Atollon geteilt . . . Der König trägt den Titel: Beherrscher der 13 Atollon und 12,000 Inseln.“

selten der Kreisform sich nähert, häufiger elliptisch, noch öfter eine offene Bogenlinie ist. Es kommen auch scharf gewinkelte, vier- und dreieckige Umrisse vor. Der Zusammenhang dieser Linien liegt in der Regel nur im Riff, die Inseln und über das Meer hervorragenden Klippen sind über das Riff zerstreut, sie bilden eine am Faden des Riffes aufgereihte Kette. Unter besonderen Umständen kommen kleine Ringinseln in lockerer Kette vor, die einen größeren Ring schließt; sie liegen dann mit ihren Längsachsen in der Richtung der Reihe. Auf einer Karte, welche die Meerestiefen angibt, sehen wir also das vom Meer bedeckte Riff oder die Bank und darüber die vereinzelten Inseln und Klippen. In der Form der Unterlage ist die Gruppierung gegeben. Durch die Arbeit der Brandung ist die Inselreihe dichter und höher an der Wind-



Nordostspitze von Motua Lai Lai, Fidschi-Archipel. Nach Alexander Agassiz. Vgl. Text, S. 342 u. 344.

seite, während die tiefsten Lücken und damit meist auch die wichtigsten Eingänge auf der Leeseite liegen. Nur kleine Inseln sind rings umschlossen, und bei ihnen kommt es vor, daß die Lagune, vollkommen abgeschlossen, zum See geworden ist. Man findet große Tiefen an der Außenseite dieser Inseln, oft in geringer Entfernung vom Strande. Eingänge in die Lagune, wichtig für die Schiffahrt, kommen selten mehr als 3 m tief vor. Die Inseln selbst sind, wo sie nicht gehoben wurden, nicht über 4 m hoch. Die meisten Koralleninseln haben einen kleinen Durchmesser, viele nicht über 1 km, wenige über 20 km. Von den eigentlichen Atollen muß man die atollförmigen Inseln und Inselgruppen unterscheiden; diese liegen auf unterseeischen Bänken, welche die Nähe des Meeresspiegels erreichen, sind ferner von geringen Tiefen umgeben und haben seichte oder ausgefüllte Lagunen.

Die Lagune ist wie der räumlich größte, so auch der im Bilde vorherrschende Zug des Atolles. Was ist die Lagune anders als ein Stück Ozean, das durch den schmalen Landstreifen des Riffes vom offenen Meere gesondert wird? Oft ist dieses Stück so groß, daß es, von einem Punkt einer Ringinsel betrachtet, als offenes Meer erscheint, an dessen äußerstem Horizont

eine Ahnung von Land dämmert. Sie ist oft ebenso tiefblau wie die Tropenmeere, doch zeigen sich wie Reflexe grünliche, gelbliche, rötliche Töne, wo die Korallen des Bodens durchschimmern. Die Lagune nimmt oft den zwanzig- bis dreißigfachen Betrag des Raumes der Gesamtinsel ein. Selten ist sie ganz geschlossen, aber die Verbindung mit dem Meer ist häufig nicht tief genug für größere Schiffe. Und die im allgemeinen geringe Tiefe der Lagune kontrastiert merkwürdig mit den großen Tiefen, zu denen das Riff an der Außenseite steil abfällt. Tiefen von 20—30 m sind häufig; in manchen Fällen betragen sie 100 m; Alexander Agassiz nennt als die tiefste Lagune eine von 132 m in den Exploringinseln. Die Lagune von Funafuti ist 10 km lang, 55 m tief und hat an der Leeseite einen für größte Kriegsschiffe gangbaren Zugang.

Aber es gibt auch viele ausgefüllte oder in Tümpel und Sümpfe verwandelte Lagunen. In solchen ist oft das Seewasser durch Verdunstung zur Sole konzentriert, aus der Salz auskristalliert. Rote Algen geben dann den Tümpeln solchen konzentrierten Salzwassers einen wunderbaren Purpurton. Der Lagunenschlamm ist ein beliebter Boden für den wichtigsten Zweig polynesischen Ackerbaues, für den Anbau der mächtigen, mehlreichen Taroknollen (Caladium esculentum). Daß solche Lagunen durch Hebung trocken gelegt sind, ist sicher, besonders dort, wo, wie auf Nissan, an die Stelle des Atolls eine ovale Senke mit einem brackischen See getreten ist: Nissan ist eine gehobene Koralleninsel in der Fidschigruppe, deren Lagunenboden in einer zentralen Einsenkung 60 m unter dem höchsten Punkt ihres Randes liegt.

Nicht alles, was auf den Karten wie eine Ringinsel aussieht, entspricht genau dem Atoll, wie wir es beschrieben haben. Es gibt Inselkreise, die nichts anderes sind als die über den Meeresspiegel hervorragenden erhöhten Ränder eines flachgipfeligen Riffes. Die übliche Begriffsbestimmung: kreisförmiges Riff, das Inseln und Inselchen trägt und eine Lagune einschließt, paßt nicht auf eine solche Erscheinung. In dem Atoll der Kokosinseln ist die Tiefe der Lagune so gering, daß sie bei der erheblichen Breite derselben verschwindet, und die richtige Bezeichnung würde hier sein: ein flaches Korallenriff mit etwas erhöhten Rändern. Statt von einer Lagune, spricht Guppy in seiner Beschreibung dieser Inseln von einer „Riffebene", die bei der Flut ganz von Wasser bedeckt ist und dann die ungebrochene „Lagune" darstellt, während sie bei Ebbe vom Nordostende bis zum westlichsten Punkte beschritten werden kann, ohne daß man einem ganzen Meter Wasser begegnet. Die südlichen zwei Dritteile des Atolls liegen bei Ebbe trocken, auch Kanäle, die früher noch fahrbar für kleine Boote waren, haben sich ausgefüllt, und es bleiben nur tiefe Löcher in einem großen Teile dieser Fläche übrig. Die Inseln und Inselchen eines solchen Atolls sind auf der Rifffläche später aufgeworfen. Darauf deutet schon die Thatsache, daß sie am höchsten an der Außenseite sind, wo ihr Aufbau aus losen Korallenblöcken sich 2—4 m über die Rifffläche erhebt, während sie nach innen aus kleineren Bruchstücken derselben Korallenblöcke und Sand bestehen. Ihre unteren Teile bilden ein festes Konglomerat jener größeren Blöcke mit Nulliporen. Dieser harte Fels, der manchmal als ein dichter Kalksandstein erscheint, erlaubt Brunnen durch den lockeren oberflächlichen Korallenschutt in die Tiefe zu der Süßwasserschicht zu bohren, die auf jener schwer durchdringlichen Unterlage sich ansammelt. Diese Unterlage und damit auch die Süßwasserschicht fehlt überall, wo nachträgliche Ausfüllung von Kanälen zwischen den Inseln stattgefunden hat; dort liegt dann durchlässiger Schutt, auf dessen Boden Brackwasser steht.

Die Entstehung der Ringinseln.

Nachdem man vergeblich versucht hatte, die Ringinseln der Korallen als Bauten auf untermeerischen Vulkankratern, als Werke eines kreisförmig bauenden Instinktes, als Brandungs- und Strömungsbildungen zu erklären, schuf Darwin die Senkungstheorie, die für einen Teil der Ringinseln und Riffe die einzige mögliche Erklärung bildet. Eine Insel, die von einem Fransenriff umgeben ist, sinkt, die Korallen bauen weiter, und so entwickelt sich zuerst ein

Gürtelriff und dann eine Ringinsel; der Kern aber, um den die Korallen bauten, ist zuletzt unserem Blick entschwunden. Die Theorie suchte nach einer Erklärung der verschiedenen Formen, in denen Korallenriffe an der Meeresoberfläche hervortreten; und indem sie sie in der Senkung des Bodens fand, hat sie zugleich das Rätsel des Hinabreichens der Korallenbauten tief unter die Tiefengrenze lebender riffbauender Korallen gelöst. Es stecken also in der Darwinschen Theorie der Koralleninseln zwei Theorien; die eine erklärt das Hinabreichen in die Tiefe, die andere die Oberflächenformen; beide ziehen die Senkung heran, die in dem ersteren Falle unvermeidlich ist und dadurch auch für den zweiten Fall wahrscheinlicher wird. Eine Theorie, die zwei so weit verschiedene Gruppen von Thatsachen erklärt, hat sich damit ein doppeltes Recht auf Bestand und Würdigung erworben. Nur ist wohl zu beachten, daß die Erklärung für die beiden Thatsachen von ganz verschiedenem Werte ist.

Wenn ich eine Koralleninsel finde, deren Fuß 2000 m unter dem Meeresspiegel ruht, so muß ich notwendig eine Tiefenveränderung des Meeres annehmen, die wohl fast immer auf eine Senkung des Bodens hinauslaufen wird. Wenn ich aber die Reihe der Riffbildungen vergleiche, wie sie sich an der Oberfläche des Meeres zeigen, so kann ich auch an andere Erklärungen als an die von Darwin eingeführte Senkung appellieren, um den Übergang vom Saumriff zum Atoll zu finden; denn diesen Formen gegenüber ist die Darwinsche Erklärung nicht zwingend. Es liegt ja sehr nahe, mit derselben Senkung, mit der ich das Vorkommen von Riffbauten unterhalb 40 m Meerestiefe erkläre, auch die verschiedenen Formen der Riffe an der Oberfläche zu erklären. Aber es kann auch die Annahme der Senkung in dem einen Falle begründet sein, und in dem anderen nicht. In der allzu engen Verbindung beider Erklärungsweisen liegt ein logischer Fehler der Darwinschen Theorie, und gegen diese richteten sich die Angriffe, denen gegenüber sie, wie zu erwarten, eine viel größere Stärke in der Erklärung des Tiefenvorkommens als der Riff- und Atollformen bewiesen hat.

Die ersten starken Einwürfe gegen die Darwinsche Theorie stützten sich auf Beobachtungen in Inselgebieten, die Darwin nicht berücksichtigt hatte. Semper hatte im Palau-Archipel mehrere Rifftypen dicht nebeneinander gefunden, ohne daß doch so große Unterschiede der Hebungen und Senkungen dicht nebeneinander vorausgesetzt werden dürften, wie die Theorie verlangen würde. Die südlichste Insel, Angaur, ist rifffrei, in der Mitte wiegen Barriereriffe, im Norden Atolle vor. Wir möchten gleich hinzufügen, daß auch im Bismarck-Archipel mit Strandriffen Senkung, mit Barriereriffen Hebung zusammengeht, und daß die Seychellen trotz ihrer Lagunenriffe Hebung um mindestens 25 m erfahren haben. Da Semper sah, daß bei den einzelnen Korallenstöcken die inneren Tiere abstarben, wenn die des Randes noch fröhlich weiter vegetierten, so schloß er, daß im Großen ähnliches vorkomme, und daß dieses Übergewicht der Lebensthätigkeit, die immer auch Bauthätigkeit ist, den Riffrand erhöhen und verstärken und so die ringartigen Inseln erzeugen könne. Das Innere, die Lagune, empfinge seine Gestalt unter dem Einfluß der Gezeitenströmungen und der Auflösung durch kohlensäurehaltiges Wasser.

Westindien, die Philippinen und einige Archipele des Stillen Ozeans, wie die Salomonen, sind Gebiete, wo Meere von großen Unebenheiten des Bodens, die von vulkanischen Kräften erschüttert werden und ein sehr reiches Tierleben haben, das Wachstum der Korallen sehr begünstigen. Aber die hier entstehenden Korallenbauten sind nicht dieselben wie in dem tiefen Meere des Indischen und Stillen Ozeans. So kommen im westlichen Teile des Golfes von Mexiko in einer Flachsee mit ruhigem Boden die kleinen Riffe vor, die Heilprin als „Fleckriffe“

bezeichnet hat. Zwischen den Riffen und dem Lande sind nur seichte Lagunen, ebenso in den Atollen, die auch nicht so steil aus der Meerestiefe aufsteigen und im ganzen selten sind.

Auch wo sicherlich Senkungen stattgefunden haben, sind die Neubildungen in Riffgebieten durchaus nicht notwendig an das Darwinsche Schema gebunden. Alexander Agassiz nimmt für die Bahama-Inseln eine Senkung um 90 m an, die den auf alten Falten der Erdrinde gebildeten Boden aus Kalksedimenten, auf denen Riffe und Kalksanddünen entstanden waren, zerteilten und umbildeten, worauf neue Riffe großenteils als Überzüge untergetauchter älterer Felsen sich bildeten, und zwar in großer Ausdehnung auf den dem Passatwind und den Äquatorialströmungen ausgesetzten Nordostseiten. Von Barbados kann man sagen: es ist größtenteils überwölbt von Korallenriffen in übereinander folgenden Terrassen, Zeugnissen verschiedener Hebungen. Die Riffe reichen nur bis in die spättertiäre Zeit zurück. Die höchsten (und ältesten) liegen in ungefähr 350 m.

Man ist also berechtigt, anzunehmen, daß verschiedene Formen von Riffen ohne Beihilfe von Senkungen entstehen können, wobei die Wachstumsweise der Korallentiere, die Brandung und die auflösende Wirkung kohlensäurehaltigen Wassers bestimmend wirken. Sicherlich ist der Schluß nicht mehr erlaubt: wo Gürtelriffe und Atolle vorkommen, haben wir ein Senkungsgebiet. Es ist aber doch fraglich, ob gerade in den Meeren, wo Korallenbauten am häufigsten vorkommen, nicht Grundschwankungen in ihren Bau mit eingegriffen haben. Klar sehen wir die Senkung wirksam, wo die Riffe in große Tiefen reichen, wir erkennen sie selbst dort, wo sie von Hebungen abgelöst wurden, wie an dem Lagunenriff Ostaustraliens, und wir finden die alten gehobenen Riffe an Küsten, wo neuerlich Senkung eingetreten ist, wie im Fidschi-Archipel und im Bismarck-Archipel. Die Zukunft wird wahrscheinlich in den Korallenseen, ähnlich wie an den Strandlinienküsten, wiederholte Grundschwankungen nachweisen, die in die Riffbildungen mit eingegriffen haben.

Korallenriffe und Vulkane.

Korallenriffe und Vulkane sind beides vereinzelte Erscheinungen, die ihrem Wesen nach immer nur an einzelnen Punkten auftreten; dabei gibt es keine weiten Flächen, die rein vulkanisch oder rein korallinisch sind; sie sitzen beide als Aufschüttungen von beschränkter Ausdehnung anderen Stücken der Erde auf. Die Vulkane sind aus dem Erdinneren herausgeworfene Massen, die Korallenriffe und Koralleninseln sind der Erde von außen angesetzte und aufgesetzte Massen. Deshalb hat sie Von Richthofen beide als parasitische Inseln bezeichnet. Damit ist nun gleichzeitig gesagt, daß sie in Verbindung mit den verschiedensten Bestandteilen der Erdrinde auftreten können. Wir haben Koralleninseln, die auf Vulkanen aufsitzen, Vulkane, die Koralleninseln durchbrochen haben, und wir haben beide, Korallenbauten und Vulkane, auf anderen Gesteinen auf- und ansitzend. Ein tieferer Zusammenhang zwischen beiden liegt aber darin, daß die klimatisch begrenzten Koralleninseln in jenem Gürtel, in welchem sie überhaupt vorkommen, also im ganzen und großen in den Tropen, sehr eng mit Vulkaninseln verbunden, in den meisten Fällen mit ihnen gesellig vermischt vorkommen, daß sogar auf einzelnen Inseln Korallen- und vulkanische Gesteine einander durchdringen und so miteinander wechsellagern, daß sie ohne einander gar nicht mehr zu denken sind. Offenbar schafft jene mannigfaltige Bodengestalt des Meeres, die dem Heraufsteigen vulkanischer Inseln günstig ist, zugleich auch der Erscheinung der Koralleninseln einen im wahren Sinne günstigen Boden. Die weite Zerstreuung, in der einzelne vulkanische Inseln und Klippen vom Meeresboden aufragen, kommt dem Bautrieb der

Riffkorallen zu gute; außerdem müssen die mit dem Vulkanismus so häufig verbundenen Senkungen günstig auf die Bildung einer bestimmten Klasse von Koralleninseln wirken.

Die Annahme, daß die Koralleninseln sich auf unterseeischen Kratern erheben, stützt sich wesentlich auf die häufig vorkommende Ringform der Koralleninseln oder, um es allgemeiner auszudrücken, auf die Neigung zur Bildung von in sich selbst zurücklaufenden Bogenlinien. Nun gibt es zwar viele Vulkanberge mit kreisförmigen oder elliptischen Kratern, aber so viele, als man brauchen würde, um alle Atolle zu erklären, gibt es doch nicht. Gerade dem Reichtum des Vorkommens der Koralleninseln in bestimmten Meeren, ihrem ungemein geselligen Auftreten wird diese Erklärung nicht gerecht. Vor allem aber würden bei der großen Verschiedenheit der Höhe der Vulkanberge in jeder einzelnen Gruppe nicht so viele von annähernd gleicher Höhe sein, um den Korallentieren das Bauen bis an den Meeresspiegel zu gestatten, denn da sie nur bis ungefähr 40 m Tiefe leben, würden in manchen Gruppen 60—70 Vulkane nötig sein, deren Gipfel etwa 40 m unter dem Meeresspiegel lägen, um das Vorkommen einer entsprechenden Zahl von Atollen zu erklären. Auch Krater von 80 km Durchmesser würden erforderlich sein, wie man sie zwar auf dem Monde, nicht aber auf der Erde kennt.

Bis in unsere Zeit ist die Annahme solcher vulkanischen Fundamente für die Koralleninseln immer wieder aufgetaucht. Einst hatten Chamisso und Ehrenberg zu ihren Vertretern gehört. Reinhold Forster wird mit Unrecht dazu gezählt. Seine Meinung war nicht so einfach, ich möchte sagen, nicht so unorganisch. Er bewies sich auch dieser Erscheinung gegenüber als ein eigentümlicher, geistreicher Denker. Ihm ist die Kreisform des Korallenriffes dem Trieb „der Würmer, die das Riff bauen", entsprungen, durch den Abschluß eines ruhigen Sees vom übrigen Meere sich gegen die Macht des Windes und der Wellen zu schützen. Flinders teilt diese Ansicht, der die jüngeren Forschungen (vgl. S. 351) nun wieder eine gewisse Berechtigung zuerkennen.

Die Bedeutung der Korallenriffe.

Die Korallentiere gehören zu den thätigsten Arbeitern am Bau der Erdrinde. Den Flächenraum der Korallenbauten und des mit Korallensand bedeckten Meeresbodens schätzt Murray auf 8 Mill. qkm. Ihre Arbeit geht ohne Unterbrechung fort. Ist sie auch klimatisch beschränkt, so ist sie doch auch schon in früheren Perioden der Erdgeschichte geleistet worden. Europas Boden zeigt in der Devon-, Trias- und Juraperiode Korallriffbildungen von großem Betrage. Und auch diese alten Riffe ragen weit unter die Grenze der heutigen Riffkorallen hinab und bilden heute an manchen Stellen der Erde Gebirgsstöcke von mehreren tausend Metern Höhe. Diese Arbeit legt Wälle harten Kalksteins vor Inseln und Küsten hin zwischen Land und Brandung; auch wenn sie vom Meeresgrunde aufbaut, geschieht es im Anschluß an die vorhandenen Formen. Darin liegt ja gerade das Interessante an den Ring- und Saumriffen, daß man sich sagen muß, ihre Umrisse seien die Umrisse des Landes, das sie einst als Fransenriffe und später als Gürtelriffe umwachsen hatten. Wir finden in ihnen die regelmäßigen Umrisse der Kegelberge, die langen Gebirgsinseln, die einseitigen Wälle der Inseln, die auf einer Seite zu steil für Korallenwuchs waren. So werden die Korallenbauten überhaupt durch ihre Fundamente die Verkünder des Vorhandenseins untermeerischer Höhenzüge. Sie verstärken das Relief, verjüngen alte Formen, verschärfen und verdeutlichen die Züge der Physiognomie der Erde.

Die Korallenriffe mitsamt ihren Bänken, Klippen und Lagunen vergrößern den Raum, der auf einer Insel zur Nahrungsgewinnung offensteht. Sie bilden zunächst Schranken gegen das Meer, in deren Schutz das Land weiter wachsen kann. Kaum einer korallriffumgürteten Insel

fehlt ganz irgend eine kleine Anschwemmungsebene. Das Delta des Rewaflusses auf Viti Levu ist über 150 qkm groß, und Tahiti ist von 1 bis 2 km großen Schwemmsäumen umgeben, welche die meisten Kokos- und Brotfruchtpflanzungen tragen. Der Betrag des bewohnbaren Landes ist auf den Koralleninseln oft nicht mehr als 1/30 bis 1/20. Es gibt auch Archipele, wo es nur 1/100 ist. Also wird jede Bereicherung ein willkommenes Geschenk sein. Die Riffe und Lagunen sind reich an Fischen und anderen eßbaren Seetieren. Einige Erzeugnisse, wie Perlen und Trepang, sind wichtig für den Welthandel. Die Riffbauten bieten der Schiffahrt günstige Häfen und Wege. Man hat die Lagune des großen Gürtelriffes von Australien als einen einzigen großen Hafen bezeichnet; die Länge dieses Hafens muß man sich durch eine Linie von der doppelten Länge des Nordsüddurchmessers von Deutschland vorstellen. Die hohe Entwickelung der Schiffahrtskunst der Bewohner des korallenreichsten Meeres, des tropischen Stillen Ozeans, erklärt sich mit durch die Schule der Rifflagunen und Riffinseln. Vergessen wir zum Schlusse nicht die Gefahr, die den Bewohnern der Koralleninseln durch die Miasmen der bei Ebbe verwesenden Tiere droht.

So traumartig schön nun eine Koralleninsel aus der Entfernung erscheinen mag — eine glänzend weiße Linie im endlosen Blau des Meeres, die nach beiden Seiten hin schwächer wird, bis sie mit dem Horizont verschmilzt, darüber ein grauer, dann grüner Streifen von Vegetation langsam sich erhebend — sie verliert oft viel von ihrem Reiz, wenn man landet. Gehobene Korallenriffe sind eins der höckerigsten und löcherigsten Gesteine, schwer zu überwandern. Zwischen rauhen, von Algen geschwärzten Korallenblöcken wächst zähes, dürres Gras, fast das einzige Grün auf jenen Koralleninseln, die, wie viele der Paumotu, ohne Kokospalmen sind. Oft schließt die Wasserarmut alle Bewohnbarkeit aus. Die meisten Koralleninseln sind auf Regenzisternen angewiesen, da der poröse Kalkstein der Quellbildung nicht günstig ist. Selten ist ein Süßwassersee, wie der auf Otdia (Marshallinseln). Die Guanolager der zentralpacifischen Sporaden, wie sie Petermann nannte, sind auch ein Zeugnis für die Dürre, die mitten im weiten Ozean viele von diesen Inselchen unbewohnbar macht.

Ein Blick auf die Entwickelung der Kenntnis von den Korallenriffen.

Die Entwickelung der Theorie der Koralleninseln ist ein interessanter Beitrag zur Geschichte des wissenschaftlichen Denkens. Sie zeigt den Fortschritt von unvollkommenen Beschreibungen zu sehr genauen Beschreibungen und Karten und den größeren Fortschritt von viel zu einfachen und schematischen Theorien zu Erklärungen, die der immer besser erkannten natürlichen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen ganz gerecht werden wollen. Reinhold Forster hat die Koralleninseln wissenschaftlich zu behandeln angefangen und gelehrt. Seine Beschreibungen sind gut, aber zu allgemein. Für ihn sind alle niedrigen Inseln der tropischen Meere Koralleninseln. Er erkennt richtig den organischen Aufbau unter späterer Mitwirkung der Brandungswelle und der von außen herwandernden Pflanzen und Tiere. Aber er besitzt noch keine genauen Vorstellungen von den Lebensbedingungen der bauenden Tiere nnd von dem inneren Bau des Riffes, wiewohl er der erste ist, der die Beschränkung der riffbauenden Korallen auf die heiße Zone sowie die steilen Hänge der Korallenriffe erkannte. Nach ihm wuchs langsam zunächst die Kenntnis der Verbreitung der Korallenriffe, so daß es nicht mehr möglich war (mit Barrow 1792/93), aus der Annahme des Fehlens der Korallenriffe in Westindien den Schluß zu ziehen, daß sie im stürmischen Atlantischen Ozean nicht zu bauen vermöchten. Besonders wichtig wurde die erste genaue Erforschung des großen australischen Barriereriffes durch Flinders seit 1801, wodurch man über Breite und Tiefe der Riffe belehrt wurde und zum erstenmal genauere Angaben über gehobene Riffe empfing. Durch neue Beiträge zur Kenntnis der Verbreitung und des Aufbaues der Korallenriffe machten sich in dem folgenden Jahrzehnt besonders Péron (1800—1806), Chamisso und Eschholtz (1814—18), Quoy und Gaimard (1818—20) und Ehrenberg (1824 und 1825) nützlich, die den Lebensbedingungen der Riffbauer ihre Aufmerksamkeit zuwandten.

Aber zu der einfachen Verallgemeinerung richtig beobachteter Thatsachen, aus der die richtige Theorie entspringt, ist erst Darwin 1831—36 gelangt, der das große Rätsel löste, daß Korallenbauten in Tiefen vorkommen, wo riffbauende Korallen nicht zu leben im stande sind. Er sprach das Wort „Senkung" aus, und damit waren die Unterschiede der Fransen- und Gürtelriffe und der Ringinseln, ihre Umrißformen und steilen Abfälle mit einem Male erklärt. Dana unterstützte diese Theorie 1841 durch eine Fülle eigener Beobachtungen, die er im Stillen Ozean gesammelt hatte. Und so blieb sie allein herrschend, bis die Untersuchung der bisher ununtersuchten Gebiete der Palau-Inseln und Philippinen, der Bermuda-Inseln, endlich in größerem Stile die der Floridariffe neue Lebensbedingungen der Riffkorallen kennen lehrte, die für die Erklärung der Korallenriffe einen breiteren Boden schufen. Semper und Rein stellten zuerst fest, daß Ringinseln auch ohne Senkung vorkommen können, Pourtalès und andere wiesen dies dann im Westindischen Archipel nach; Semper hat noch das besondere Verdienst, die Rolle der Gezeiten- und Brandungsströme beim Riffbau näher bestimmt zu haben. Doch blieb die Darwinsche Theorie für alle Senkungsgebiete in Geltung. Man kann heute das Ergebnis eines jahrzehntelangen Kampfes der Geister in den Satz zusammenfassen: Die Riffkorallen bauen Riffe und Ringinseln unter den verschiedensten Verhältnissen; sie bauen sie aber am mächtigsten und in den selbständigsten Gestalten in den Senkungsgebieten.

Endlich warfen die Untersuchungen über den Meeresboden und die organischen Niederschläge, die ihn bedecken, auch ein Licht in dieses Gebiet, indem sie den feinen, aber unablässig sich bildenden „ozeanischen Staub" von Rhizopodengehäusen, Radiolariennadeln, Algenscheiden als Mitarbeiter erkannten und damit den Kreis der am Riffbau Mitwirkenden erweiterten. Es hat sich also bewahrheitet, was Huxley schon im Anfang dieser späteren Diskussionen sagte, daß das Problem der Koralleninseln eines der verwickeltsten ist, und daß kaum eine einzelne Theorie den verschiedenen Bedingungen gerecht werden wird, unter denen sie entstanden sind.

---

4. Die Lebensentwickelung auf Erdteilen und Inseln.

Inhalt: Land und Wasser. — Allgemeine Merkmale des kontinentalen Lebens. — Die Festländer. — Allgemeine biogeographische Eigenschaften der Inseln. — Absonderung, Armut und Reichtum des Insellebens. — Die Inseln als Aufnahmegebiete. Neubesiedelungen. — Insulare Sondermerkmale. — Die Inseln als Schöpfungsgebiete.

Land und Wasser.

In jeder Epoche der Erdgeschichte ist eine der durchgreifendsten Bedingungen des Lebens auf unserer Erde die Verteilung von Land und Wasser. Sie war in jeder Epoche anders, und im Wechsel der Lebensformen spiegelt sich die ewige Unruhe der Erdoberfläche, die dem Leben beständig wechselnde Größen, Zahlen und Formen der Länder, Inseln und Meere darbot. Heute herrscht eine Verteilung von Land und Wasser, die man durch das Verhältnis 1 : 2,5 ausdrücken kann. Die erste Folge davon ist die Inselnatur alles Landes, die zweite der feuchte Charakter des Gesamtklimas der Erde. Letzteres trägt ozeanische Merkmale, wenn es auch trockene Stellen, trocken bis zur Wüstenbildung, gibt. Das bedeutet Steigerung der Lebensmöglichkeiten, denn nur im Feuchten kann Leben gedeihen. Der Reichtum des Lebens ist in einer Wassersäule von 8000 m ungleich viel größer als in einer gleich hohen Luftsäule samt dem Boden, auf dem sie ruht. Das Leben am Land ist nur ein dünner Überzug, das Wasserleben erfüllt tiefe Schichten und ist in den größten Tiefen noch reich entwickelt.

Wahrscheinlich ist das Leben aus dem Wasser heraus ans Land gestiegen. Man sieht in den Lebensformen der Erde Entwickelungsreihen von landlebenden und luftatmenden zu wasserlebenden und kiemenatmenden zurückführen; diese scheinen überall die älteren zu sein. In den ältesten Erdschichten, die Reste von Lebewesen enthalten, sind bisher keine unzweifelhaften Landtiere gefunden worden. Das deutet beides auf den Vortritt des Wasserlebens. Auch machen

uns die blinden Tiefseetiere den Eindruck, daß sie von sehenden stammen, die in Meeren von geringerer Tiefe lebten, wo sie Licht empfingen und empfanden. Aber wir möchten auf die verhältnismäßig wenig zahlreichen Lebensformen der letzteren keinen so großen Schluß aufbauen; denn es ist möglich, daß sie spät aus den höheren lichtreicheren Schichten tiefer Meere in das Dunkel der untersten Wasserschichten hinabgestiegen sind. Auch folgt aus dem Vortritte der Wasserbewohner in der Entwickelung des Lebens, dessen Reste uns noch zugänglich sind, keineswegs die allgemeine Wasserbedeckung der Erde. Die Ansicht ist zwar weitverbreitet, daß einst ein Meer einförmig und seicht die ganze Erde bedeckt habe; aber zu beweisen ist sie nicht. Man findet Unterschiede in der Verteilung von Land und Meer in allen geologischen Perioden, auch schon in den ältesten. Es gibt kein Zeugnis, das die Annahme stützte, daß einmal die Erde einförmig mit Wasser bedeckt oder in ihrer ganzen Ausdehnung Land gewesen sei.

Die ältesten sicheren Spuren des Lebens in der kambrischen Formation zeigen eine so große Übereinstimmung zwischen nordeuropäischen und nordostamerikanischen Tierformen, daß man an eine Ablagerung um einen nordatlantischen Kontinent denken möchte, der den Osten des heutigen Nordamerika und den Westen Europas zum Teil in sich aufnahm. Dagegen sind die kambrischen Reste im Westen Nordamerikas so verschieden von denen im Osten, daß sie in getrennten Meeren abgelagert sein müssen. Übrigens spricht die Zusammensetzung der kambrischen Ablagerungen aus Sandstein und Konglomeraten für die Nähe von Land. Die einförmige, Inseln und Erdteile ausschließende Meeresbedeckung ist sicherlich schon für diese geologische Periode nicht anzunehmen. In den böhmischen Silurschichten treten mitten zwischen Tierformen, die dem Untersilur angehören, solche des Obersilur auf: man kann kaum zu einer anderen Deutung gelangen als der, daß es mehrere Silurmeere gab, so wie es heute verschiedene Ozeane gibt, und daß diese Meere einmal durch Land getrennt und dann wieder in Verbindung gesetzt waren. Derartige „Rekurrenz“erscheinungen kommen auch in jüngeren Perioden der Erdgeschichte vor.

Allgemeine Merkmale des kontinentalen Lebens.

Für alles Leben, das ans Land gebunden ist, also auch für das des Menschen, sind die 135 Mill. qkm Land, die wenig mehr als ein Vierteil der Erde bedecken, eine Grundgröße, deren Grenzen dieses Leben nur vorübergehend überschreiten wird. Die nächste Folge eines solchen Übermaßes des Wassers ist die Isolierung des Landes im Wasser. Die Geographie muß alle Landmassen der Erde als Inseln auffassen. Daher gibt es auch für die Biogeographie keine scharfe Grenze zwischen Erdteilen und Inseln. Es gibt Inseln, deren Alter viel höher ist als das Alter großer Teile eines Festlandes, Inseln, die seit langen Perioden der Erdgeschichte selbständig sind, mit keinem anderen Teile der Erde im Zusammenhange gestanden haben. Der Unterschied prägt sich teilweise schon im geologischen Bau, deutlicher aber in der Lebewelt aus. Je weiter die Existenz einer Insel als Insel zurückreicht, um so eigentümlicher ist ihre Pflanzen- und Tierwelt. Inseln wie Madagaskar, Neuseeland sind erdgeschichtliche Individualitäten, deren biogeographische Eigenartigkeit diejenige Europas weit übertrifft. Der Raum wird hier also ganz bedeutungslos. Aber auch die Lage tritt weit zurück. Ist nicht Madagaskar mit seiner eigentümlichen Tierwelt näher bei Afrika gelegen als Borneo mit seiner fast rein asiatischen Tierwelt bei Asien?

Aber so wie die Geographie trotz der schon von Varenius ausgesprochenen Grundwahrheit, daß die Kontinente sehr große Inseln seien, eine Menge von rein kontinentalen Erscheinungen verzeichnet, die den Inseln immer fehlen, so gibt es auch *kontinentale Eigenschaften des Lebens*. Sie sind großenteils von dem größeren Lebensraum abhängig, den die Kontinente überhaupt darbieten. Doch hat auch jedes Festland seine eigene Lage, seinen Bau, seine Gestalt und Geschichte, die alle in seiner Lebewelt sich spiegeln. Gerade die eigentümlichste Lebewelt eines

Festlandes, die Tierwelt Australiens, hat nichts mit der Kleinheit Australiens zu thun. Viel eher könnte man den durchgehenden Zug von Wüsten- und Steppenhaftigkeit, der nur Tasmanien ganz verschont, auf die Thatsache zurückführen, daß Australien so eng zwischen 10° und 40° in den Grenzen der südlichen Passatregion gelegen ist. Es gibt andere kontinentale Merkmale, die nicht so leicht zu bestimmen, besonders nicht zu zählen oder zu messen sind. Alexander von Humboldt spricht bei der Schilderung südamerikanischer Landschaften „von jener Frondosität, welche der eigentümliche Charakter des Neuen Kontinentes" ist. Noch früher hatten Buffon und andere viel von einer entgegengesetzten Eigenschaft, einer gewissen Schwäche der Schöpfungskraft in Amerika, gesprochen. Die Behauptung hat etwas Wahres, wenn man sie auf die Gegenwart einschränkt, wogegen gerade Südamerika in der jüngsten erdgeschichtlichen Vergangenheit durch die gewaltigsten Riesenformen von Faultieren und Gürteltieren ausgezeichnet war, auch Mastodonten und andere Riesentiere besaß. Aber ohne Zweifel ist heute der Jaguar und der Puma kleiner als der Tiger und der Löwe, Tapir und Lama kleiner als die Riesendickhäuter und die Kamele Asiens, sogar der amerikanische Tapir kleiner als der asiatische. Südamerika hat Beuteltiere, die aber nicht die Größe der australischen erreichen. Nur die Nagetiere sind in Südamerika größer als in anderen Erdteilen und erreichen dort überhaupt das Maximum ihrer Entwickelung. Wenn wir uns nun fragen, wo die Ursache dieser Erscheinung liegt, so sind wir ohne Antwort. Wir sehen, daß diese Verkleinerung schon mit dem Aussterben der Riesenformen begonnen hat, die einst Südamerika bewohnt haben, wir können sie weder auf Nahrungsmangel noch auf Inzucht wie in engen Inselländern zurückführen.

Alles kontinentale Leben hat den Vorteil des weiteren Raumes und muß dafür den Mangel der Abschließung in den Kauf nehmen. In der Verbreitung des Lebens bedeutet der Zusammenschluß kleiner Länder den Untergang von Inseln und das Entstehen eines neuen, größeren Landes. Damit gewinnen die Bewohner zunächst die Raumvorteile. Es ist aber auch jede Vergrößerung eines Landes ein Hineinwachsen in andere Lebensbedingungen. Große Hochebenen, lange Kettengebirge, mächtige Ströme, große Seen sind nur in großen Ländern möglich. Ganz besonders sind aber die großen Lebensgebiete schon klimatisch mannigfaltiger ausgestattet als die kleinen. Europa bleibt fern von der Tropenzone, Australien fern von der Polarzone. Asien und Amerika liegen dagegen in drei Zonen: der kalten, gemäßigten und heißen. Gerade die Zumischung tropischer Formen zu denen der gemäßigten Zone ist für das Leben Asiens und Amerikas bezeichnend, so wie Europa die Zumischung arktischer Formen in großem Maße aufweist. Dagegen zeigt das eng zusammengefaßte und isolierte Australien in seiner Säugetierwelt eine Abgeschlossenheit und Einförmigkeit wie kein anderer Teil der Erde.

Auch als Wohnstätten des Menschen gehen die Landmassen schon durch ihren Größenunterschied weit auseinander. Die drei kontinentalen Landmassen haben allein den Raum geboten, in dem große Völker sich ausbreiten, Zweige und Abänderungen bilden und so viele Bewohner erzeugen konnten, daß die von außen kommenden Zumischungen den hier sich ausbildenden Typus nicht wesentlich verändern konnten. Die beiden größten von ihnen, die östliche und die westliche Landmasse, weisen so viel innere Verschiedenheiten auf, daß sie sogar imstande waren, einigen großen Typen der Menschheit Boden zu bieten. Australien hat sich gerade groß genug erwiesen, um eine besondere Rasse zu entwickeln. Dagegen zeigen schon Borneo, Neuguinea, Madagaskar in der Entwickelung ihrer Völker nichts von solcher Selbständigkeit, die wir demnach als eine der Eigenschaften der größten Landmassen der Erde bezeichnen dürfen.

Die anthropogeographisch wichtigste Thatsache in der Lage der Landmassen ist die inselarme Kluft, die der tiefe und stürmische Atlantische Ozean zwischen die Ost- und Westhälfte der Erde legt. Erst die Entdeckung Amerikas und in beschränktem Sinne die Entdeckungen der Normannen von Island aus — 1000 bis 1347; aus dem letzteren Jahre stammt die letzte Nachricht über Verbindungen zwischen Grönland und Markland (Neuschottland?) — hat die Ökumene durch die Querung des Atlantischen Ozeans zu einem geschlossenen Gürtel um die ganze Erdkugel herum gemacht. Wir haben kein Zeugnis für frühere Völkerverbindungen zwischen der Ost- und Westfeste der Erde auf dem atlantischen Wege, während die Zeugnisse pacifischer Verbindungen in allen Stufen der Bestimmtheit vorliegen. In Wirklichkeit erscheint uns im Lichte der transpacifischen Verbindungen zwischen Amerika und Asien nicht letzteres, sondern Amerika als der eigentliche „ferne Osten" der bewohnten Erde, welcher Völker und Kulturmittel von Westen her, aus Asien, empfing. Noch heute steht die Verbreitung der Völker, besonders auf beiden Gestaden des Atlantischen Ozeans, unter dem Einflusse jener Trennung, und alle Studien über die Verbreitung der Völker über die Erde hin in geschichtlicher Zeit haben mit der erst seit 400 Jahren geschlossenen atlantischen Kluft zu rechnen. Hinter ihr verschwinden an Bedeutung für die Menschheitsgeschichte andere, erst in jüngeren Perioden wirksam gewordene Thatsachen der Landverteilung, wie das tiefe Hineinragen der Nordgebiete in die Polarzone, wodurch die Wege um ihre Nordränder ungangbar werden, das breite Südmeer, das die ozeanischen Verbindungen um Südafrika und Südamerika herumführt, die drei Mittelmeere, in denen die drei Hauptmeere einander am nächsten kommen und entweder von Natur verbunden sind (Malakkastraße) oder künstlich verbunden werden können (Sueskanal, Interozeanischer Kanal).

Wenn die Betrachtung der Analogien der Erdformen (vgl. oben, S. 277) den irreführt, der aus ihrer Vergleichung ihre Entstehung zu erkennen meint, so ist es ganz anders mit den Wirkungen der Analogien; darauf kann man sie mit Erfolg prüfen, und eine ganze Reihe von wichtigen geographischen Aufgaben liegt in der Vergleichung ähnlicher Wirkungen, die durch ähnliche Erdformen hervorgerufen werden. Nur entfernt abhängig von den großen Bildungsgesetzen der Erdoberfläche sind z. B. Übereinstimmungen der Lage, die wir aber wegen ihrer übereinstimmenden Wirkungen mit Nutzen vergleichen können. Wenn vor der niederländischen Küste die Inselkette Texel-Schiermonnikoog gerade so liegt wie vor der deutschen die Inselkette Borkum-Wangeroog, so nehmen beide, die recht verschiedene Inselelemente umschließen, doch eine ähnliche Stellung als Grenzwall des Wattenmeeres gegen die Sturmfluten der Nordsee ein. Ein Lagunenriff und eine Sandnehrung legen sich beide vor das Land hin, das sie mit einem abgeschlossenen Meeresteil bereichern. Wenn wir Eurasien als ein Ganzes betrachten, so entsprechen einander die Pyrenäenhalbinsel und Hinterindien in der Lage, ebenso wie Skandinavien und Tschuktschenland, England und Japan. Das sind Lageähnlichkeiten, die nicht in der Entwickelung der großen Landmasse begründet sind; diese Glieder Eurasiens sind weit verschieden im Aufbau und in den Formen. Aber kraft der Ähnlichkeit ihrer Lage üben sie ähnliche Wirkungen auf ihre Bewohner. Die Analogie der Lage der britischen und japanischen Inseln zur West- und Ostseite von Eurasien ist oft mit Recht betont worden und wird ihre analogen Wirkungen immer noch deutlicher zeigen.

Die Festländer.

In Asien hatte schon Herder einen „von jeher vielbelebten Körper" gesehen. Später pries Karl Ritter Asien als den nächst Europa gliederreichsten und individualisiertesten Erdteil. Besonders hob er die zentrale Stellung des Hochlandes von Asien hervor, das sich nach allen Weltgegenden zu weiten Tiefländern herabsenkt, nach allen Ozeanen sich öffnet und dadurch den Erdteil mit einem reichen Länderkranz umflicht „in den vielfachsten geometrischen Räumen, in den wechselndsten Gestaltungen, unter den verschiedensten Zonen". Neben dem mächtigen Hochlande mit seinen natürlichen Abteilungen, Zentralasien und Iran, steht das turanische Tiefland und das tiefe Westsibirien, das sibirische Bergland mit seinen scharf abgesonderten Halbinseln, besonders Kamtschatka, dann das Amurland, die Mandschurei, China,

Korea, Japan, Hinterindien, Indien, Arabien, Mesopotamien, Kleinasien, und dazu noch die Inselländer Sachalin, Japan, Formosa, die Philippinen, der australasiatische Archipel, Ceylon, die Inseltrümmer der alten Ägäis. Sind wir auch nicht mehr geneigt, in Asien ohne weiteres „die Wiege der Menschheit“ zu sehen, so finden wir doch allerdings die Ursitze manches Volkes und das Stammland wichtiger Kulturelemente in Asien, das Ausgangsland „der Verbreitung gemeinsamen Hausbedarfs an nährenden Pflanzen und geselligen Tieren für das Völkerleben; der Auswanderungen der Völker selbst und ihrer frühesten Zivilisationen die Stromthäler entlang nach allen Richtungen, und mit ihnen die Traditionen der Sagen, der Staatengründungen, der Religionssysteme sowie alle die nie unterbrochenen Impulse, welche von da ausgehen und uns seit den Zeiten der Massageten, der Skythen, der europäischen Völkerwanderung, der weit früheren Verbreitung der Aramäer, Kaukasier, Iranier, Parther, Turk, Mongolen, Afghanen, Bucharen, Mandschuren u. s. w. Jahrtausende hindurch historisch bekannt sind“. (Karl Ritter.)

Europa nicht als eigenes Festland aufzufassen, sondern nur als Teil von Eurasien in die Geschichte eintreten zu lassen, ist eine der ersten Forderungen der Biographie und besonders der Anthropogeographie. Europas Selbständigkeit reicht nur soweit, als seine Lage und Gestalt selbständig sind. Breit und auf den verschiedensten Wegen mit Asien zusammenhängend, ist es im Norden eine Provinz des paläarktischen Waldgebietes und des entsprechenden Gebietes der Tierverbreitung, und ebenso greift im Süden das Steppenland von Asien nach Europa über. Ein Grundfehler der unfruchtbaren Diskussion, ob die Heimat der Arier in Europa oder Asien liege, wurzelt in dem Übersehen dieses natürlichen Zusammenhanges. Rein geschichtlich schon läßt sich der europäisch-asiatische Charakter von Völkern auf europäischem Boden nachweisen, wie z. B. der Thraker, Etrusker, Griechen, Türken, Magyaren, Semiten; ebenso weist die Kulturentwickelung Europas auf zahllose asiatische Beziehungen hin. Die Vorgeschichte zeigt uns allerdings ein anderes Bild. Im Anfang und wieder am Ende der Tertiärzeit ist Europa von Asien durch ein Meer getrennt gewesen, das vom Nördlichen Eismeere nach der aralo-kaspischen Senke führte; und auf seiner Südseite ist das Land, das an der Stelle des Pontus und des Ägäischen Meeres war, erst in der Quartärzeit zu Meer geworden. So hat also das vorgeschichtliche Europa nacheinander seine afrikanischen und asiatischen Zeiten gehabt, in denen einmal die Verbindungen im Süden und dann die Verbindungen im Nordosten überwogen. Es ist wahrscheinlich, daß es dazwischen eine Zeit gab, wo im Süden die Bildung des Mittelmeeres bis zur Verbindung mit dem Atlantischen Ozean fortgeschritten war, während im Norden die Verbindung mit Asien noch unterbrochen war, so daß Europa praktisch als eine Insel zwischen den beiden großen Erdteilen lag. Das asiatische Zeitalter ist das jüngere, in ihm leben wir, seine Zeugen sind die finnisch-ugrischen Völker und die mongolischen Rassenmerkmale im Herzen Europas, die Verbindung Osteuropas und Nord- und Mittelasiens zu einem einzigen Staate, der steigende Verkehr Europas und Asiens zu Lande. Das südwestasiatisch-afrikanische Zeitalter müssen wir in der Vorgeschichte der europäischen Bevölkerung suchen, deren langköpfige, dunkelhaarige und kleinwüchsige Elemente, die heute in Südeuropa vorherrschen, sich eng an die asiatischen und afrikanischen Mittelmeerumwohner anschließen.

Auch Afrika hängt mit Asien zusammen, und die Geschichte des Roten Meeres und des Indischen Ozeans hat uns gezeigt, daß dieser Zusammenhang enger war in einer Zeit, die, erdgeschichtlich betrachtet, noch nicht lange hinter uns liegt. Dazu kommt die klimatisch gleiche Lage. Daher Gemeinsamkeit der afrikanischen und arabischen Wüstennatur im Norden und viele Übereinstimmungen der tropischen Pflanzen- und Tierwelt in Afrika und Asien. Aber Afrika ist zugleich ein Süderdteil; daher mancherlei überraschende Beziehungen, besonders in Südafrika, mit Südamerika und Australien. Afrika erschien als der vermöge seiner ungegliederten, massigen Gestalt und seiner Zusammendrängung in der Tropenzone ärmere, einfachere Erdteil schon zu einer Zeit, wo man von seinen Völkern und ihrer Geschichte viel weniger wußte als heute. Karl Ritter nannte Afrika den Stamm ohne Glieder und meinte von den nach Afrika hineingetragenen Kulturkeimen, sie blieben nur haften wie aus besseren Gegenden fortgetriebener Same an Felsen, weil nur weniges Erdreich zur selbständigen Nahrung vorlag und der Keim ohne wiederholte Verjüngung bald absterben mußte oder doch unbedeutend blieb.

Amerika hat, als Weltinsel zwischen den zwei größten Meeren gelegen, die es im Osten und Westen von der Alten Welt trennen, seine eigenen Rassen, seine besondere Entwickelung. So wie es in einen nördlichen, mittleren und südlichen Teil zerfällt, sind seine Völker gesondert, und so wie durch seinen Boden, geht durch seine Geschichte der Gegensatz von atlantisch und pacifisch. In einer Menge von Völkermerkmalen liegt zunächst in Nordamerika der Gegensatz zwischen einem Gebiete westlich und einem

Gebiet östlich der Felsengebirge am frühesten nicht bloß ausgesprochen, sondern auch begründet. So gehören auch die alten Reste der Indianer Nordamerikas zwei großen Gruppen an, deren eine im atlantischen Gebiete wohnt, während die andere auf den pacifischen Abhang beschränkt ist; andere Unterschiede innerhalb dieser Gruppen verschwinden vor diesem atlantisch-pacifischen Gegensatz. Man kann also sagen, in Amerika liegen die großen ethnographischen Unterschiede gerade so einfach, wie der Bau des Erdteiles ist. Nur im hohen Norden, wo Amerika und Asien sich zusammenneigen, vereinigen sich auch die Völker. Dort greifen die Hyperboreer der Neuen Welt, die Eskimo, nach Asien über, und dort liegt wahrscheinlich die am spätesten abgebrochene Verbindung der paläarktischen Länder, die ihre diluviale Tier- und Pflanzenwelt die Ähnlichkeit gewinnen ließ, die wir in der Übereinstimmung so vieler Lebensformen im Waldgebiet der Nordhalbkugel bewundern; ebenso teilte sie eine und dieselbe mongolische Rasse dem Osten der Alten und der ganzen Neuen Welt zu. Die Indianer von Nordwestamerika sind den Völkern Nordostasiens bis zur Verwechselung ähnlich. Sobald man aber die Gebirge übersteigt, die das Innere von der Küste trennen, sieht man den eigentümlichen Indianertypus auftauchen. Daß die Inseln des nördlichen und mittleren Stillen Ozeans zu der Erhaltung dieser alten pacifischen Verbindung auch noch später beigetragen haben, ist höchst wahrscheinlich. Manche ethnographische Verbindungen zwischen Westamerika und diesen Inseln dürften noch zu entdecken sein.

Es gehört zu den merkwürdigsten Eigenschaften der Süderdteile, daß dort von solchen Beziehungen nicht die Rede ist. Die Südspitzen der drei Süderdteile sind weit getrennt und weit verschieden. Die Hyperboreer des Nordens fehlen im Süden ganz. Die Urbewohner Südafrikas, Australiens, des südlichen Südamerika, Neuseelands stehen in ihren weit voneinander getrennten, schmalen, durch die Lage in den Passatzonen eingeengten Wohngebieten vereinzelt, verarmt, als „Randvölker", die ins Leere inselloser Ozeane hinausschauen, dem belebenden Verkehr entzogen. Was wir das antarktische Gebiet nennen können, liegt außerhalb aller Völkergeschichte. Neuseeland bildet ein besonderes Lebensgebiet, und die südatlantische Insel Tristan da Cunha sowie die im südlichen Indischen Ozean gelegenen Inseln Sankt Paul und Amsterdam zeigen vorwiegend afrikanische Merkmale. Eine der anziehendsten Lebenserscheinungen ist in allen drei Norderdteilen die Wiederkehr arktischer Pflanzen auf den Gebirgshöhen der gemäßigten Zone. Von einer antarktischen Flora der Gebirgshöhen der Süderdteile kann man nun nicht sprechen. Es gibt hier nichts, was jener Wiederkehr arktischer Pflanzen in niedrigeren Breiten zu vergleichen wäre, die Spitzbergen zu einer Fortsetzung Europas im tier- und pflanzengeographischen Sinne macht und Grönland in enger Verwandtschaft mit Nordamerika zeigt. „Die in den alpinen Höhen von Tasmanien und Australien gefundenen Pflanzen tragen viel mehr die allgemeinen Züge der Niederungsflora daselbst zur Schau, als daß sie neue Ordnungs- und Gattungstypen hinzugefügt hätten." (v. Müller.) Und die 300 Pflanzenarten von Feuerland und Südpatagonien bezeugen nur die Verarmung Südamerikas nach Süden zu.

Allgemeine biogeographische Eigenschaften der Inseln.

Für die Verbreitung des Lebens sind die Inseln zunächst kleine und abgeschlossene Räume. Sie können also dem Leben nur beschränkten Boden bieten, auf dem es sich zusammendrängen muß, wenn es sich vervielfältigen will. Die Abgeschlossenheit wird diese Eigenschaften in manchen Beziehungen noch verstärken. Noch mehr als in anderen engen Räumen wird auf Inseln der Kampf um Raum verschärft. Daher Züge von Armut und Einförmigkeit. So reich z. B. die Gebirgsvegetation ozeanischer Inseln ist, eine Mannigfaltigkeit wie auf Festländern wird man auf Inseln niemals finden.

Aber die Abgeschlossenheit steigert auch in anderen Beziehungen die Lebensprozesse. Die Abgeschlossenheit erhält alte und begünstigt neue Formen. Und so kann zwar die Lebewelt mancher Inseln räumlich sehr beschränkt, dabei aber doch innerlich reich sein, während in der Lebewelt großer Länder sich die Einförmigkeit oft erst recht eindringlich durch die Weite der Gebiete bekundet, die einzelne Formen einnehmen. Wohl wohnen in Eurasien von 1500 Millionen Menschen 1350 Millionen, aber was bedeuten so manche Millionen Quadratkilometer

eurasischen Bodens, z. B. die 12 Millionen Sibiriens neben den 25,000 Siziliens, den 63,000 Ceylons oder den 230,000 qkm Großbritanniens? Schon die Alten staunten die hervorragende Stellung einzelner Inselvölker des Mittelmeeres an. Cypern, Kreta, Delos, Ägina, Sizilien mit ihren Bewohnern waren weit über das Maß ihrer Größe hinaus wichtig und einflußreich. So bewunderten die Spanier die Guanchen in ihren insularen Besonderheiten und nicht minder auch den Drachenbaum und die kanarischen Kiefern mit fußlangen Nadeln.

Die freie Lage im weiten Meer erteilt vielen Inseln den Vorzug eines gleichmäßigen, milden Klimas. Viele Inseln sind durch reiche Niederschläge ausgezeichnet. Wenn Island noch von 70,000 Menschen bewohnt ist, die zum Teil von Viehzucht und selbst von Ackerbau leben, und wenn es noch eine Flora von mehr als 550 Arten von Gefäßpflanzen hat, so ist daran wesentlich sein ozeanisch gemildertes Klima schuld. Gerade in der Kleinheit der Inseln liegt ihre Zugänglichkeit für die mildernden Einflüsse der Seewinde und Meeresströmungen.

Inseln sind den Einflüssen der Meeresströme durch ihre Lage am zugänglichsten, und warme Meeresströme sind bei der größeren Ausdehnung der in wärmeren Zonen liegenden Meeresabschnitte und der Ausbreitung warmen Wassers an der Meeresoberfläche sehr wirksam. Indem solchermaßen die Inseln im allgemeinen ein der Lebewelt günstiges Klima erhalten, wird auch ihr Boden durch die atmosphärische Feuchtigkeit fruchtbarer gemacht. Nicht zufällig sind die ertragreichsten tropischen Kulturgebiete San Domingo, Kuba und Java gewesen, und die letzteren sind es mit Sumatra, Ceylon, den Philippinen u. a. noch heute.

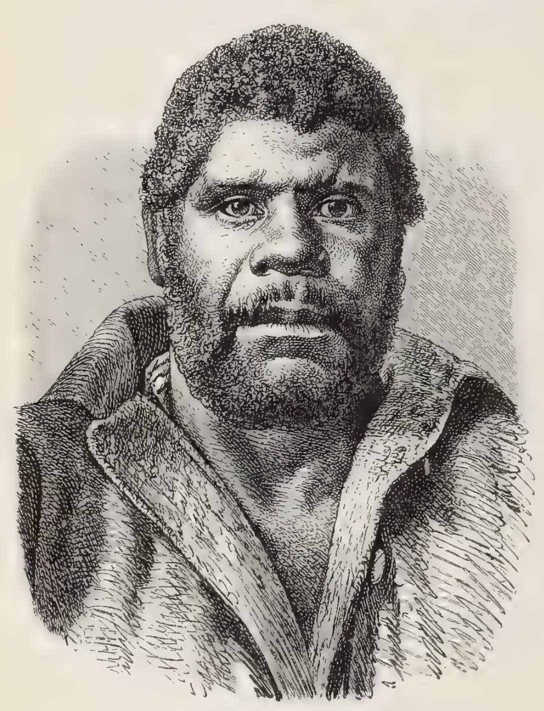
Absonderung, Armut und Reichtum des Insellebens.

Absonderung ist die erste und nächste Wirkung der Inseln: Isolierung kommt von Insel. So wie die Insel ein vereinzeltes Land ist, so hegt sie auch vereinzelte Lebewesen. Der Einzigkeit der Inseln entspricht oft die Einzigkeit ihrer Geschöpfe. Die schöne Araucaria excelsa der kleinen, einsamen Norfolkinsel ist ein hochragendes, der Drachenbaum von Tenerife, mit 12 m Umfang, ein mammuthaft massiges Beispiel, nicht minder die noch nicht lange ausgestorbenen Riesenvögel Madagaskars, deren Eier den sechsfachen Inhalt der Straußeneier haben. Der Orang-Utan Borneos zeigt uns den menschenähnlichsten aller Affen als Inselbewohner. Und nicht bloß große Inseln sind durch solche Einzigkeiten ausgezeichnet. Eine vor der Azoreninsel Flores aus dem Meere ragende Klippe trägt eine strauchartige Glockenblume, Campanula Vidali, die auf dem ganzen Erdenrund nur auf dieser einsamen Klippe wächst.

Es gilt ähnliches auch vom Menschen. Die ausgestorbenen Tasmanier waren ein besonderer Zweig der australischen Rasse. Australien ist der inselhafteste Erdteil und trägt die eigentümlichste Rasse von Menschen und nur diese. Welche Mannigfaltigkeit der Rassen, Abarten und Stämme auf den Inseln Asiens im Vergleich zu der großartigen Einförmigkeit der mongolischen Rasse in Nord- und Mittelasien! Wie scharf abgesondert sind selbst Engländer und Japaner von den ihnen zunächst wohnenden Kontinentalvölkern! Man kann nicht zweifeln: die Inseln befördern die Mannigfaltigkeit und Eigentümlichkeit der lebenden Wesen, indem sie denselben Wohnsitze bieten, die durch Absonderung mannigfaltig und eigentümlich sind.

Die Absonderung ist nicht bloß ein passives Nebeneinanderliegen zweier getrennter Gebiete. Wir müssen die Absonderung und die Abgesondertheit, den Vorgang und das Ergebnis unterscheiden. Fassen wir einmal den Vorgang ins Auge. Mit jeder Absonderung einer Insel trennt sich ein Stück Leben. Pflanzen und Tiere werden von ihren Artgenossen geschieden und auf kleinerem Raume neuen Bedingungen ausgesetzt. Viele aber bleiben unverändert und

zeugen noch nach Äonen von dem alten Lande, das bis auf diese paar kümmerlichen Inselreste nun auf dem Boden des Meeres liegt. Es ist unglaublich, wie wenig Veränderungen dabei oft diese abgeschnittenen, auf engere Räume mit anderen klimatischen Bedingungen zurückgedrängten Wesen erfahren. Wir staunen über die Übereinstimmung der Lebewelt vieler Inseln mit der ihrer Nachbarländer. England und Schottland haben eine westeuropäische Pflanzen- und Tierwelt, Neufundland hat eine nordamerikanische, Sumatra, Borneo, Java, groß genug, um eine eigene Welt zu sein, haben eine südasiatische. Man kann sagen: je näher eine Insel einem Lande ist, desto verwandter sind im allgemeinen beider Lebewesen; die Insel ist biogeographisch abhängig von dem Festland. Je tiefer aber ihre Absonderung, desto größer ist oft auch ihre biogeographische Besonderheit: Jamaika, durch große Meerestiefen von allen Nachbarländern getrennt, hat die selbständigste Weichtierfauna unter allen Inseln der Antillen.

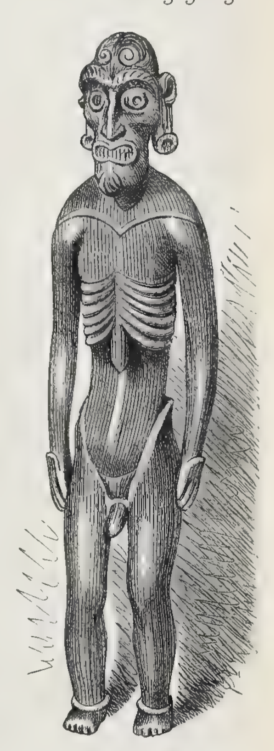


William Lance, der letzte Tasmanier. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 359.

Diese Abhängigkeit zeigt sich vor allem in dem Verhältnis zu den Küsten: beide im Bannkreise des Meeres liegende Bildungen sind nahe verwandt. Küstenweise Verbreitung zieht immer die benachbarten Inseln mit in ihren Kreis, besonders die küstennahen. Von phönikischer Zeit an ist im Mittelmeere die Besetzung der Vorgebirge und Inseln der Weg gewesen, um die Grundlage für die Seeherrschaft zu legen. Die Griechen sind auch heute das Küsten- und Inselvolk des Ägäischen Meeres. Viele Küsteninseln sind überhaupt ohne ihre Küsten gar nicht zu denken, und so nahegelegene wie Euböa sind geschichtlich viel mehr Festlandteile als Inseln.

Entfernen wir uns von den Festländern, so sehen wir auf selbständiger gelegenen Inseln sehr bald auch das Leben selbständiger sich gestalten. Die Pflanzen und Tiere von Celebes sind weniger asiatisch als die von Borneo, mit Neuguinea beginnt eine ausgesprochene Verarmung der Säugetiere und Reptilien, auch Landvögel und Süßwasserfische werden spärlicher. Die zentralen Inseln Polynesiens haben den Hund und das Schwein, die den östlichen fehlen; Neuseeland hatte von Säugetieren einst nur eine kleine Ratte. In der Flora tritt besonders die Abnahme der Bäume, außer der Kokospalme und dem Pandanus, hervor, und die Kulturgewächse schwinden in Neuseeland auf die einzige Pteris esculenta zusammen. Ähnlich ist es im Völkerleben. Wenn auch die Osterinsel als ein kleines Kulturzentrum eine Ausnahme macht, ist doch im allgemeinen auf den kleineren und entfernteren Inseln Polynesiens und Mikronesiens auch im Kulturbesitz eine Verarmung unverkennbar, die auf den Paumotu so gut wie auf den Palau hervortritt. Diese Verarmung liegt zum größten Teil in der Länge der Wege, welche die Inseln von den nächsten Festländern und die kleinen Inseln von den großen

trennen. Es spielt aber auch die mit der Raumenge und der Entfernung zusammenhängende Vernichtung ganzer Gruppen von Lebewesen ihre Rolle. Die Völkerkunde erzählt uns die Vernichtung der Karaiben von Kuba und San Domingo, der Guanchen auf den Kanarien, der Tasmanier (s. die Abbildung, S. 358) und zahlreiche Fälle rascher Schicksalswechsel insular eingeschränkter Völker. Die Inseln bieten die merkwürdigsten Beispiele von rascher Ausrottung ganzer Tier- oder Pflanzenarten in kurzer Zeit. England ist in der Ausrottung des Bären, des Luchses, des Wolfes, des Hirsches, des Elentiers, des Bibers dem Kontinent vorangegangen. Auf Réunion entdeckten die Holländer 1599 den Riesenvogel Dodo ineptus, der sich ruhig mit den Händen greifen ließ; 1691 wurde das letzte Exemplar erlegt. Auf derselben Insel sind neuerdings Fregilupus capensis ausgestorben und der einst verbreitete Oxynotus Newtoni selten geworden. Knochenreste beweisen, daß das nahe Madagaskar einst Nilpferde und Krokodile besessen hat. Wenn Mindanao Reste einer Elefantenart zeigt, die Borneo noch heute besitzt, so sehen wir die erhaltende Wirkung des größeren Raumes deutlich vor uns. Im allgemeinen fehlen den Inseln, selbst größeren, große Säugetiere. Canis antarcticus, der große Fuchs der Falklandinseln, ist das einzige Beispiel eines großen Säugetieres von besonderer Art, das einem so kleinen Archipel eigen ist.


Ein Ahnenbild von der Osterinsel. Das Original befindet sich im Ethnographischen Museum in München. 1/10 wirkl. Größe.

Keine Insel der Welt ist so reich an Belegen für alle diese Eigenschaften wie Rapanui, die Osterinsel, die einst dicht bevölkert, vollständig angebaut, von politisch und religiös hoch organisierten, kunstfertigen Menschen bewohnt war. Innerhalb zweier Generationen ist die Bevölkerung nahezu ausgestorben, hat längst allen Zusammenhang mit den anderen Polynesiern verloren, ist jedes Restes der alten Kunstübung bar. Und diese kleine Insel hatte als einzige in ganz Ozeanien eine Hieroglyphenschrift und schuf die größten Steinidole und eigentümliche Holzbildwerke (s. die nebenstehende Abbildung). — Die Beispiele von vollständiger Umwandlung der Lebewelt einer Insel sind gar nicht selten. St. Helena wurde 1504 als eine bewaldete Insel entdeckt. 1724 hatten verwilderte Schweine und Ziegen die Wälder vernichtet, heute sieht man dort nur Föhrenwälder, Trauerweiden neigen sich über die Bäche, Brombeerhecken fassen die Wege ein, Ginster überzieht mit Graugrün und Gelb die Berghänge. Es ist eine Landschaft von europäischen Zügen geworden. Und von freilebenden Tieren findet man darin Rebhühner und Fasanen. Madeira hat seinen Namen vom Waldreichtum erhalten. Sieben Jahre soll der Brand in den Wäldern dieser jungfräulichen Insel gedauert haben, nachdem die Portugiesen sich darauf festgesetzt hatten; längst ist sie waldlos.

In dem beschränkten Raum einer Insel gehen Lebensformen zu Grunde und entfalten sich andere Lebensformen zu gewaltigem Reichtum. Wem ist nicht, wenn er kleine Inseln des Mittelmeeres besucht hat, die wuchernde einseitige Entwickelung einzelner Pflanzen aufgefallen, für die sich auf dem nahen Festlande gar kein Beispiel findet? Korsika mit seiner wundervoll dichten und hohen Macchia mit weit über mannshohen Eriken auf seinem Granitboden zeigt im Großen, was wir auf Capraja mit seinem üppigen Wachstum der Zwergpalmen im Kleinen sehen. Die Balearen haben 1232 Arten von Blütenpflanzen, Sardinien 1782; selbst das kleine vulkanische Capraja hat eine Reihe von eigenen Arten. Den größten Reichtum an eigenen Formen zeigt Neuseeland mit 72 Prozent eigenen Pflanzenarten in der nicht

übermäßig reichen Flora von 1100 Gefäßpflanzen. Offenbar wirken darin Absonderung und eigenartige geschichtliche Entwickelung der Lebensformen zusammen: dieselben Kräfte, die auch einen eigentümlichen Kunststil in den Maoribildwerken in Holz und Grünstein sich entfalten ließen (s. die untenstehende Abbildung). Madagaskar folgt mit 153 eigenen Gattungen, 15,7 Prozent der Gesamtzahl, und 3000 eigenen Arten, etwa drei Viertel der Gesamtzahl. Es hat in dem Chlänaceen eine eigene Pflanzenordnung. Das ist eine große pflanzengeographische Selbständigkeit, die auch landschaftlich in der großen, auffallenden Bananenform der vielseitig nützlichen Ravenala zum Ausdruck kommt (s. die beigeheftete Tafel „Ravenala Madagascariensis"), neben der nicht minder eindrucksvoll der Reichtum an eigenen Halbaffen- oder Lemurenformen in der Tierwelt steht. Die Flora von Ceylon zählt 3000 Blütenpflanzen und 250 Farne und Verwandte, davon gegen 300 eingeführte und eingeschleppte, aber fast 800 endemische, also 30 Prozent der Gesamtzahl. Mit der absoluten Zahl endemischer Arten folgt Ceylon hinter Madagaskar.



Ein Götzenbild von Neuseeland. Das Original gehört zur Christy Collection in London. 1/2 wirkl. Größe.

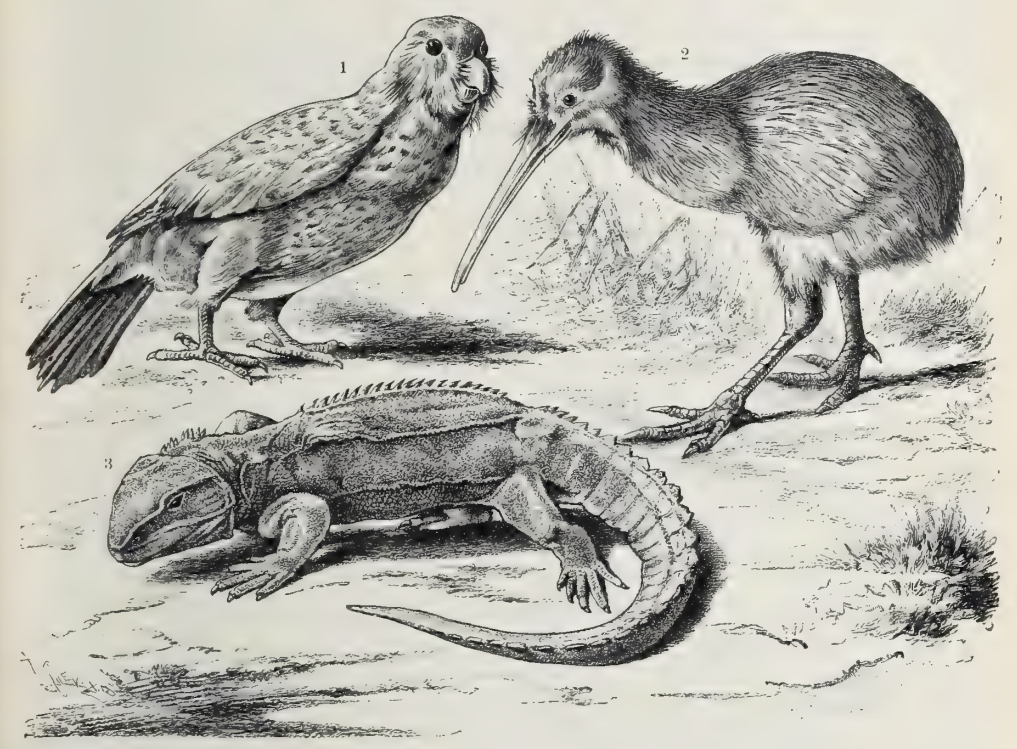
Wenn eine Insel als Rest eines großen Festlandes übrigblieb und mit ihr die zusammengedrängten Reste eines kontinentalen Lebens, das in anderen Teilen versunken und verschwunden ist, und wenn dann diese Insel durch ihre Lage der Zuwanderung neuer Kolonisten günstig war und durch ihre sonstigen Lebensbedingungen der Bildung neuer insularer Lebensformen in langen Zeiträumen entgegenkam, entstand dieser Reichtum, den uns Inseln wie Madagaskar, Neuseeland, Ceylon zeigen. Er ist nicht nur als Rest kontinental zu nennen, sondern die Insel zeigt sich hier als Schutz- und Schöpfungsgebiet. Wie recht hat Geoffroy de Sainte-Hilaire mit seinem 1841 über eine damals noch wenig bekannte Insel gethanen Ausspruch behalten: „Hätte man Madagaskar nur nach seinen zoologischen Erzeugnissen und ohne Berücksichtigung seines Flächeninhalts und seiner geographischen Lage seine Stelle anzuweisen, so dürfte man es nicht für eine zu Afrika gehörende Insel, sondern müßte es für einen eigenen Kontinent, und zwar in naturhistorischer Beziehung für den vierten Weltteil erklären." Die drei Charaktertiere Neuseelands (s. die Abbildung, S. 361), der flügellose Apteryx, die Hatteria, der einzige verzwergte Sproß der längst ausgestorbenen mesozoischen Rhynchocephaline, äußerlich Eidechse, im Knochenbau Krokodil, der Eulenpapagei, Stringops, verleihen allein schon der Lebewelt des kleinen Neuseeland einen Zug von Eigenartigkeit und Ursprünglichkeit, wie wir ihn vergeblich in Europa oder selbst Nordamerika suchen würden.

Das alles sind Fälle, wo die Annahme des Transportes durch fliegende Tiere, durch schwimmendes Holz oder Erde, durch den Menschen ganz unmöglich scheint, wo vielmehr die Annahme einer alten Landverbindung ein unbedingtes Erfordernis wird. Unter den Amphibien und Reptilien, den in der Erde lebenden Würmern, unter den Nacktschnecken und in manchen anderen Tiergruppen sind weitere Beispiele dafür nicht selten, daß eine andere Wanderung als zu Lande kaum denkbar ist. Vollkommen undenkbar wird sie aber bei Tieren, deren Lebensweise



Ravenala Madagascariensis.

eine auch nur zeitweilige Loslösung von dem Lande ganz unmöglich erscheinen läßt. Der blinde Brunnenkrebs, Gammarus puteanus, kann auf Helgoland nur der Rest aus der Zeit des Zusammenhanges Helgolands mit dem Festlande sein. Die blinde Holzlaus, Platyarthrus Hoffmannseggii, die in Irland, Westeuropa und Nordafrika vorkommt, wird niemals außerhalb der Ameisennester gefunden. Die irische Art lebt nur in den Nestern der roten Ameise unter Steinen und zwar in unterirdischen Gängen. Das kleine Tierchen wird dadurch zur festesten Stütze eines alten Landzusammenhanges zwischen Irland und Westeuropa. Wir finden



Charaktertiere von Neuseeland: 1) Eulenpapagei (Stringops habroptilus); 2) Kiwi (Apteryx Mantelli); 3) Brückenechse (Sphenodon punctatus oder Hatteria punctata). Vgl. Text, S. 360.

das Renntier in Spitzbergen und in Norwegen, und diese beiden Wohngebiete sind in gerader Linie etwa 1000 km voneinander entfernt. Zwar hat man behaupten wollen, das Renntier sei über das Eis aus dem einen Gebiet in das andere gewandert; aber dieses Eis ist voll Lücken, Meereskanäle durchschneiden es, und natürlich ist es ganz pflanzenleer.

Die großen, an eigenen Lebensformen reichen Inseln haben im Lauf ihrer Entwickelung großen Erdteilen angehört und haben, ehe sie so zusammenschrumpften und sich isolierten, mancherlei Landverbindungen gehabt, die wir oft nicht einmal ahnen. Daher nun die bunten Schicksale der auf so engem Raume zusammengewürfelten oder besser zusammengetriebenen und zusammengewehten insularen Lebewelt. Wir empfangen manchmal den Eindruck des Zufälligen, des Willkürlichen, wie wenn wir einer Schar Schiffbrüchiger, auf verschiedenen Wegen und zu verschiedenen Zeiten gekommen, gemischt mit Eingeborenen, auf einer Insel des Stillen Ozeans begegnen. Wir fragen vergebens: warum haben gerade die Falklandsinseln einen

großen Fuchs, während ganze große Archipele wie Neuseeland ohne jedes große Säugetier sind? oder: warum haben die Kanarien keine Schlangen, wohl aber Eidechsen? Wir begreifen, daß Kröten und Frösche, die nicht leicht übers Meer wandern, auf kleinen Inseln selten sind und auf den kleinsten vulkanischen Inseln der hohen See vollständig fehlen. Aber wie kommt denn eine Kröte kalifornischer Verwandtschaft nach dem hochozeanischen Hawaï? Jene anderen Unterschiede aber müssen auf Verschiedenheiten der Lebensfähigkeit in dem Kampfe um Raum beruhen, der auf den engen Inseln besonders schwer ist. Auch größere Inseln scheinen der Erhaltung großer Säugetiere, Vögel und Reptilien auf die Dauer nicht günstig gewesen zu sein. Immer aber ist die Lebewelt der Inseln ein willkommenes Mittel, um zu bestimmen, wie sie entstanden sind, und wir können die losgelösten Inseln von den aufgeschütteten an ihren Lebensformen meist auf den ersten Blick unterscheiden.

In den Folgen der Absonderung ist immer auch ein Schutzmotiv wirksam. Die Inselnatur schützt, wie wir gesehen haben, gegen Mischung mit Artverwandten. Aber sie schützt auch in anderem Sinne. Tiere entziehen sich den Nachstellungen ihrer Verfolger, indem sie den Schutz von Inseln suchen. Viele Seevögel nisten nur auf Inseln, die Rhytina wurde zuletzt auf einer Insel der Beringstraße ausgerottet, und die Pelzottern bedroht das gleiche Geschick auf Inseln in derselben Gegend. Sichtlich geben die Pinguine den kleinen geschützten Inseln den Vorzug vor den großen Inseln und den Kontinentalküsten. Sie wohnen vor der südafrikanischen Küste auf einem kleinen Eilande der False Bay, und auf den Falklandsinseln begegnen wir ihnen vornehmlich auf den abliegenden Eilanden, die nicht von Säugetieren bewohnt sind. Bei vielen anderen Tieren und bei Pflanzen sehen wir nicht dieses bewußte Hinausflüchten und Sichvereinzeln, doch zeigt uns ihre Verbreitung das Ergebnis der schützenden Wirkung der Inseln nicht minder deutlich. Das größte Beispiel dafür wird immer das inselähnlichste aller Festländer, Australien, bieten, wo die uralte Beuteltierfauna sich durch frühe Absonderung von den anderen Teilen der Erde erhalten konnte. Es gab einst Beuteltiere in allen Teilen der Erde, aber sie sind bis auf die eine amerikanische Familie Didelphys durch kräftige Wettbewerber überall, außer im australischen Gebiet, verdrängt, vernichtet worden. Was uns Australien im Großen zeigt, läßt Madeira, lassen die Azoren, die Kanarien in viel kleinerem Maße erkennen. Die Kanarischen Inseln sind in manchen Beziehungen wie ein Museum und ein Gewächshaus voll alter oder ältlicher Pflanzen und Tiere. „Eine wunderbare Mischung von Formen aus den allerverschiedensten Heimatsgebieten" nennt Christ ihre Flora; besonders sind alte Euphorbien in sehr gut unterschiedenen natürlichen Gruppen, deren Verwandte in Nordafrika, am Kap, am Stillen Ozean zerstreut leben, auf den Kanarischen Inseln formenreich zusammengedrängt.

Die Inseln als Aufnahmegebiete. Neubesiedelungen.

Zur Aufnahme macht die Inseln höchst geeignet ihre freie offene Lage. Je kleiner eine Insel ist, desto größer ist verhältnismäßig ihre Berührung mit dem Meere. Inseln und Inselgebiete haben gewaltig lange Grenzen, und jeder Punkt in ihren Grenzen ist ein Eintrittsthor für fremde Ankömmlinge. Daher die frühen und mit der Zeit zahlreichen Einwanderungen, die allmählich die eingeborenen Bewohner verdrängen. Von 1000 Pflanzenarten der Kanarien sind 581 aus Europa eingewandert, 18 amerikanische dürften sogar mit dem absteigenden Arme des Golfstromes gekommen sein. Daher auch die bunte Zusammensetzung der Lebewelt auf jungen Koralleneilanden gerade, wo sie zugleich so arm ist. Die Keeling-(Kokos-)inseln mit 20 Pflanzenarten, die 19 verschiedenen Gattungen und 16 Familien angehören, liefern ein



Pandanus utilis. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 364.

bezeichnendes Beispiel für Armut und Mischung. Man vergleiche damit die Pflanzenwelt eines kontinentalen Gebietes, wo wenige Familien heimisch sind, diese aber eine gewaltige Entwickelung erfahren. Nicht alle Lebewesen sind nun gleich geeignet, Inseln zu bevölkern. Wenn Inseln neu besiedelt werden mußten, empfingen sie zuerst die wanderfähigsten Kolonisten. Daran erkennt man solche Inseln, daß Vögel, Insekten, zur Not Fledermäuse ihnen eigen sind; im Pflanzenreich sind Formen mit Keimen, die das Salzwasser nicht tötet, wie Kokos und Pandanus (s. die Abbildung, S. 363), Farne mit kleinsten Sporen, zur Inselbesiedelung besonders geeignet.

Wenn die Inseln der Entwickelung der Völkerverschiedenheiten den günstigsten Boden bieten, so geschieht das nicht bloß, weil sie differenzierend auf Völker wirken, die sich über sie ausbreiten, sondern weil sie die Einschiebung fremder Völker in ein geschlossenes Gebiet begünstigen. So wie die politische Geographie auf den Antillen und in Australasien die Buntheit der politischen Zugehörigkeit der Inseln nachweist, zeigt uns die Völkerverbreitung die größten ethnischen Unterschiede auf nahe bei einander liegenden Inseln. Tasmanien und Madagaskar sind in ihrer Sonderstellung gegenüber ihren Nachbarerdteilen die größten Beispiele, die Archipele des Stillen Ozeans zeigen zahlreiche kleinere. Hier ist besonders die Verbreitung der Polynesier unter den Melanesiern auffallend; auf kleinen Inseln und Inselgruppen, wie den Banks- und Torresinseln, finden wir ausgesprochene Vertreter der hellen Malayo-Polynesier mitten in den Wohnsitzen der dunkeln Melanesier.

Wieviel Eigentümliches das Leben der Inseln auch haben mag, es ist damit immer Vermittelung, Übergang gepaart. Allen kleineren Teilen der Erde, vor allem Inseln und Halbinseln, ist die Aufgabe gestellt, die großen Teile miteinander zu verbinden. Bei den Landengen tritt diese Aufgabe als die beherrschende hervor, die alles andere in den Schatten stellt. Aber auch auf den Inseln sehen wir den Übergang in der Mischung der Formen oder in dem Auseinandergehen je nach der Nachbarschaftslage zur Umgebung zum Ausdrucke kommen.

Inselgebiete sind immer auch Grenzgebiete. Die östlichen Inseln des Fidschi-Archipels haben polynesische Bewohner, die westlichsten Inseln der Tongagruppe zeigen fidschianische Einflüsse. Die Tierwelt der Philippinen trägt im Norden ostasiatische und besonders chinesische Merkmale, im Süden erinnert sie an die Molukken und an Hinterindien, in der Mitte finden wir die eigentümlichsten Formen gemischt mit ostasiatischen und indischen. Die Beringsinsel ist ein Mittelglied zwischen der kamtschadalischen und arktischen Flora. Auf den Kanarien begegnen sich afrikanische, auch selbst südafrikanische, mit europäischen und mit den eigenen Formen der atlantischen Inseln. Die Pflanzen der Bonininseln sind zur Hälfte ostasiatisch, der Rest ist tropisch-pacifisch, nur wenig ist diesen kleinen Inseln eigen. Sowohl die Vogel- als die Reptilienfauna Madagaskars umschließt zahlreiche indische und afrikanische Formen, dabei aber auch zahlreiche eigene. Auch Madagaskars Insekten sind im Westen mehr afrikanisch, im Osten mehr indo-malayisch. Das entspricht der Zuteilung des Ostens und des Inneren an die malayischen Einwanderer, die Hova und Genossen, und dem Vorherrschen des afrikanischen Elementes der Sakalaven auf der Afrika zugewandten Seite. So waren früher auf Formosa die Chinesen mächtig auf der Westseite, während die Eingeborenen auf der Ostseite unabhängig geblieben waren.

Insulare Sondermerkmale.

Es ist merkwürdig, daß die verzwergten Pferderassen von Sardinien, von Korsika, von den Shetlandinseln und Island kommen. Die zuerst 1764 auf Falkland eingeführten Pferde waren nach einigen Generationen so an Größe und Stärke zurückgegangen, daß man sie nicht mehr

zum Fangen der Rinder benutzen konnte. „In späterer Zeit wird die Südhalbkugel wahrscheinlich ihre Falkland-Ponyrasse haben, wie die nördliche ihre Shetlandrasse.“ (Darwin.) Noch merkwürdiger ist, daß die Ponies als Inselbewohner nicht alleinstehen. Die westlichen Azoren haben ein Zwergrind, Ascension hat zwei verkleinerte Abarten unserer Hausratte, auch auf Neuseeland soll die Ratte kleiner geworden sein. Bei diesen Fällen von Verkleinerung sagt man: es ist die Inzucht auf dem beschränkten Inselraume. Die hawaïschen Inseln haben auffallend kleine Käfer, und auf vielen Inseln sind die Weichtiere, besonders die Landschnecken, klein. Hier sagt man: die kleineren waren leichter zu transportieren. Entlegene Inseln haben nur flügellose Insekten oder solche mit verkümmerten Flügeln: offenbar Schutz gegen das Hinausgewehtwerden (s. die untenstehende Abbildung und die auf S. 367). Insulare Eigenschaften sind im Pflanzenreich auch kleine Blätter und kleine Blüten und, Hand in Hand damit gehend, die Neigung zur Holzbildung in Stämmen und Ästen. Schon auf unseren friesischen Inseln ist die durchschnittlich 1 m hohe, holzige Strauchvegetation von Brombeeren, Rosen, Heidekraut, Moosbeeren, Kriechweide verbreitet. Auf den ozeanischen Inseln sehen wir eine ganze Anzahl von Pflanzen, die sonst krautartig bleiben, holzartig werden. Besonders Kompositen erfahren häufig diese Umwandlung. Man sagt: das ist die Wirkung der ozeanischen Stürme.


Flügellose Fliege (Calycopterix Moseleyi) von den Kerguelen. Nach Carl Chun. 10 fach vergrößert.

Aber nicht alle Eigentümlichkeiten der Inselbewohner sind erklärlich. Wenn man bei der Kleinheit der Mehrzahl der auf ozeanischen Inseln vorkommenden Käfer an die Einwanderung in den Ritzen schwimmender Bäume denken muß, und wenn man angesichts der 220 flügellosen unter 550 Käfern Madeiras die natürliche Auswahl durch das Hinausgetriebenwerden der Geflügelten ins Meer anruft, so ist es anders mit den Farben der Insekten und Pflanzen. Warum sind in Neuseeland die sonst farbenprächtigen Buprestiden und Phytophagen durch dunkle Formen vertreten? Warum sind die 26 eigenen Arten von Landvögeln der Galapagosinseln düster gefärbt? Warum zeichnet sich Kamtschatka, die so stark isolierte Halbinsel, durch eine auffallende Neigung seiner Vögel zur Entwickelung eines weißen Gefieders aus? Warum verschwindet bei den inselbewohnenden Pflanzen die Neigung zur Ausbildung großer und glänzend gefärbter Blumen, ohne daß man in jedem Falle den Mangel der die Blüte besuchenden und befruchtenden Insekten dafür verantwortlich machen könnte? Die Armut an Schmetterlingen und flugkräftigen Käfern auf den östlichen Inseln Polynesiens begünstigte vielleicht die Ausbildung blütenarmer Pflanzen; aber wenn in Tahiti von 600 m an auf den Bergen die Farnkräuter den Boden lückenlos bedecken, ist vielleicht eher an die größere Wanderfähigkeit der Farnsporen zu denken. Juan Fernandez ist eine echte Farninsel; es hat aber fünf Schmetterlinge, darunter vier kleine Nachtschmetterlinge, zwei Hautflügler und etwa zwanzig Fliegen. Und so wissen wir auch nicht zu erklären, warum zu den Pflanzengruppen, die selten auf Inseln vorkommen, vor allen die Leguminosen gehören. Die hawaïschen Inseln machen allerdings darin eine Ausnahme. Auch Koniferen sind auf Inseln ursprünglich selten.

Die Inseln als Schöpfungsgebiete.

Die Absonderung vereinigt sich mit der Besonderheit der Lebensbedingungen, um Abänderungen im Bau der Lebewesen hervorzubringen und zu befestigen; sie entwickelt mit anderen

Worten insulare Arten und Abarten. Man denke sich, daß auf einem Eilande des Hawaïschen Archipels eine Pflanze einwanderte, deren Samen von der amerikanischen Küste herübergetragen oder herübergeschwemmt worden war. Sie wird von ihren Artgenossinnen getrennt, mit denen sie sich sonst gemischt hätte, ihre Nachkommen sind frei, Besonderheiten zu entwickeln, die in der alten Heimat verwischt worden wären, die neuen Umgebungen begünstigen endlich Abwandlungen. So entsteht in der Absonderung eine neue Art; diese neue Art variiert weiter, bildet Abarten, die vielleicht auf die Nachbarinseln wandern, neuerdings variieren. Und endlich sind die Unterschiede immer größer und mannigfaltiger geworden, und wir haben eine neue Gattung. Und wandert nun nach langer Zeit wieder ein Verwandter der Stammart dieser Gattung auf dieselbe Insel ein, dann ist der Abstand zwischen Urahn und Enkel so groß geworden, daß gar keine Mischung mehr möglich ist.

Schauinsland fand auf Laysan drei Singvögel, eine Ente und eine Ralle: fünf Landvögel, die der kleinen Insel streng eigen sind. Verwandt mit Formen Hawaïs, sind sie doch besondere Arten, Reste eines größeren Landes, auf dem die Stammart weit verbreitet war. Das Land hat sich in Inseln und Klippen aufgelöst, die durch weite Meeresstrecken geschieden werden, und in der Absonderung haben sich die Nachkommen jener Bewohner des gemeinsamen Stammlandes abgewandelt und sind zu verschiedenen Arten geworden. Laysan hat auch eine besondere Art honigsaugender Vögel, die von den nahe verwandten hawaïschen nur durch einen etwas anderen Ton des roten Kleides, durch einige bräunliche Federchen an der Unterseite des Schwanzes und durch etwas kürzeren Schnabel verschieden ist.

Merkwürdige Beispiele von Eigenartigkeit der Lebensformen, Endemismus, liefert die Pflanzenwelt der Galapagos (vgl. die Karte, S. 321), die 350 Gefäßpflanzen umfaßt, von denen 55 Prozent inseleigen sind. Aber nur fünf Arten sind allen Inseln der Gruppe gemein. Charles hat 42, Chatham 28, James 24, Albemarle 19, Indefatigable 10. Die Galapagos haben 10 endemische Gattungen, und von diesen sind wieder 9 monotypisch, d. h. alleinstehend, ohne nahe Verwandte im Kreise der Pflanzengattungen. Aber noch merkwürdiger ist in der Tierwelt dieser Inseln jener letzte Rest grasfressender Echsen, Amblyorhynchus, ein uraltes Tier, von dem man sagen kann, es ist ein Triumph der insularen Absonderung und zugleich der Anpassung. Von sechs Arten der Finkengattung Geospiza kommt jede auf einer anderen Insel der Galapagos vor. Die Unterschiede liegen hauptsächlich in der Form des Schnabels, sind gering, aber beständig. Ebenso kommen auf einzelnen Inseln dieser Gruppe Schildkröten vor, die Darwin noch für Spielarten hielt; Günther hat sie zu besonderen Arten erklärt. Und in ähnlicher Weise zeigt die Lebewelt der Inselgruppe von Hawaï Selbständigkeit im ganzen und außerdem Selbständigkeit der einzelnen Inseln, auch der kleinen.

Korsika hat 58, Sardinien 47 endemische Arten, sie beide haben 38 miteinander gemein, dazu kommen noch 43 etwas weiter (Balearen, Toskanisches oder Ligurisches Litorale) verbreitete, also 186 dem Inselbezirk eigene Arten. Selbst die kleinen vulkanischen Küsteninseln Kaliforniens haben merkwürdig viel endemische Arten.

Es ist nicht die Größe, sondern die Beständigkeit der Unterschiede, welche die Art macht. Und diese Beständigkeit ist insulare Wirkung. Darwin sagt angesichts der Galapagos: „Man ist erstaunt über das Maß von schöpferischer Kraft auf diesen kleinen, kahlen und felsigen Inseln, fast jede Insel hat diese Kraft bewährt. Wenn sie vom Land und von anderen Inseln weit genug abliegt, bietet sie sicher Beispiele von Arten oder Abarten, die nur auf ihr selbst entstanden sein können. In günstigen Fällen kann man sogar ihre Alter bestimmen. Wenn verwilderte Ziegen auf den Kanarien eine besondere Rasse geworden sind, haben einige Jahrhunderte genügt, um eine Abänderung zu befestigen, die auf dem festen Lande verwischt worden wäre.“ Heute dürfen wir hinzufügen, daß wir uns die Inseln in diesem Prozeß nicht mehr als ruhende Räume von immer gleicher Ausdehnung und Gestalt denken können. Je enger der Raum der Inseln ist, um so stärker muß auf ihnen der Einfluß der mit Bodenschwankungen verbundenen Raumveränderungen sein. Wo Hebungen und Senkungen so oft wechselten wie in der Tertiärzeit in den Antillen, muß dadurch die Entwickelung der Lebewelt tief beeinflußt worden sein.

Der Begriff Insel ist übrigens in biogeographischer Betrachtung weiter zu fassen als rein geographisch. Insular abgegrenzte Räume üben mitten in einem Festlande denselben Einfluß auf Lebewesen wie die vom Wasser umschlossenen Erdräume, die wir Inseln nennen. Es gibt Pflanzen und Tiere, die durch einen Wald oder eine Steppe geradeso von der übrigen Welt abgeschnitten werden wie andere durch das Wasser. Vor allem aber wirken die Oasen als echte Inseln. Wenn der Fuchs und der Edelhirsch in Korsika und Algier kleiner sind als auf dem europäischen Festlande, liegt darin eine Hindeutung, daß die Wirkungen der Inseln nicht auf geographische Inseln beschränkt sind, sondern überhaupt auf insular begrenzten Räumen sich zeigen. Dazu kommt, daß die Inseln selbst ihrer Natur nach sehr oft gebirgig sind, wodurch die ihnen ohnehin eigene Kraft der Absonderung noch verstärkt wird. Das Völkerleben zeigt uns, wie der bergige Boden der Inseln die Menschen noch enger zusammendrängt als die anderen Geschöpfe, in der Regel auf die Küstenränder, ihren Lebensraum verengt, und endlich mitwirkt, sie aufs Meer hinauszudrängen.



Schmetterling mit verkümmerten Flügeln (Embryonopsis halticella) von den Kerguelen. Nach Carl Chun. 6fach vergr. Vgl Text, S. 365.

Wir haben gesehen, wie Inseln an Festländer angeschlossen werden und Festländer in Inseln zerfallen. Die Frage muß uns berechtigt erscheinen: Wenn heute ein größerer Teil des zusammenhängenden festen Landes sich in Inseln zerteilte, welche Veränderungen würde dies in der Lebewelt unserer Erde hervorbringen? Sicherlich haben nicht nur die Klimaveränderungen Verschiebungen des Lebensraumes bewirkt: die Änderungen der Landverteilung sind in der gleichen Richtung thätig gewesen. Welchen tiefen Einfluß muß aber eine noch ausgesprochenere insulare Lebensverteilung auf das Gesamtleben unserer Erde geübt haben, wenn wir den kleinsten Erdteil Australien als den biogeographisch eigentümlichsten allen anderen gegenübergestellt sehen! Denken wir uns eine Periode derartiger Verteilung zusammenfallend mit einer Periode größerer Ausdehnung des Lebensraumes nach den Polen hin, so sehen wir eine Steigerung des absoluten Lebensreichtums weit über den heutigen Betrag hinaus. Wir können überhaupt die Geschichte des Lebens nicht anders auffassen als unter der Einwirkung wechselnder Erweiterungen und Verengerungen, Zerteilungen, Vereinigungen und Verschiebungen des Lebensraumes, die einen entsprechenden Wechsel von Armut und Reichtum in der Entfaltung des Gesamtlebens unserer Erde bedeuten. Über all diesem bleibt aber zuhöchst bestimmend das in der Größe der Planeten gegebene Maß, das diesem Ebben und Fluten enge Schranken zieht, gegen die das nach allen Seiten hinausstrebende Leben wie ein Meer anbrandet. Aber die Wellen rinnen von allen Seiten vom Strande her machtlos in das große Becken des einmal gegebenen Erdraumes zurück.

Die mit der Zeit fortschreitende Sonderentwickelung der Lebewelt der Inseln muß einen Maßstab für das Alter der Inseln geben. Die jungen Koralleninseln und die neuen Schwemminseln der Flachlandküsten haben keine einzige eigene Art, oft nicht einmal eine Abart. Dagegen haben schon die kleinen und küstennahen vulkanischen Inseln Südkaliforniens, die sicherlich älter sind, eigene Lebensformen. Wenn wir nun Inseln finden, die ein sehr eigentümliches Leben haben, ohne doch sehr weit von einem Kontinent entfernt zu sein, wie die Galapagos, die Kanarien, dann ist das ein sicheres Zeichen, daß sie früh schon von ihrem Muttererdteil abgelöst worden sind. Und nun kam ihnen gerade ihre Küstennähe insofern zu gute, als sie ihnen reichlicheres Material zur Umbildung zuführte als den ozeanischen Inseln, deren Tier- und Pflanzenwelt immer einen Zug zum Einförmigen hat. Diese Regel hält selbst für größere Teile der Erde gut: danken doch auch die Süderdteile die Selbständigkeit ihrer Lebewelt ihrer frühen Absonderung voneinander.

Man kann aber vielleicht noch bestimmter die Frage nach dem Alter einer Insel beantworten, wenn man ihre Lebewelt mit der Lebewelt eines Nachbarfestlandes oder von Nachbarinseln vergleicht. Betrachten wir die Stellung Irlands und Großbritanniens zu Europa: Wann haben sie sich losgelöst? Europa hat Zuwanderungen von Pflanzen und Tieren aus Osten noch empfangen, als Großbritannien und Irland vom Kontinent abgelöst waren, diese konnten also nicht mehr bis dahin vordringen. Von diesem Augenblick an empfing die Lebewelt dieser beiden größten Inseln Europas erst den eigentümlichen, insularen Charakter, den wir an dem Beispiel verdeutlichen können, daß der Nordwesten des Kontinentes 22 Arten von Reptilien und Amphibien, Großbritannien 13, Irland 4 hat. Deutschland besitzt gegen 90 Arten von Landsäugetieren, die Skandinavische Halbinsel 60, Großbritannien 40, Irland 22. Aus dem eigentümlichen Verhältnis der Zahlen für Irland und Großbritannien ist weiter zu erkennen, daß Irland bereits Insel war, als Großbritannien mit dem Festlande noch zusammenhing, daß es also als Insel älter ist; und es gibt außerdem einige Beweise dafür, daß Irland nach dem Südwesten Europas hin einst engere Verbindungen gehabt hat als Großbritannien. Natürlich darf bei solchen Erwägungen der enge Raum Irlands, nur ein Dritteil von dem Großbritanniens, nicht außer Betracht bleiben; manche Art dürfte in diesen engen Grenzen früher ausgestorben sein.

IV. Die Küsten.

Inhalt: Die Küste ein Saum zwischen Land und Meer. — Die Küste als Sitz und Erzeugnis der Bewegungen des Meeres gegen das Land. — Strand, Ufer und Küstenlinie. — Die Küstenumrisse. Küstenbogen. — Die Innenseite der Küste und die Fortsetzung der Küste ins Innere. — Der Küstenabfall. — Tiefmeer- und Seichtmeerküsten. — Allgemeine Küstenlänge. — Die Arbeit äußerer Kräfte an der Küste. — Die Brandung an Marsch- und Sandküsten. — Küstenbildung und Strandverschiebung. — Die Arbeit der Gezeiten an den Küsten. — Wirkung der Winde auf die Küste. Der Küstenstrom. — Die Küstenablagerungen. — Pflanzen als Küstenbauer. — Die Flachküste als Werk des Meeres. — Ausgleichung der Flachküstenumrisse. — Die Küstenbogen. — Vorsprünge der Flachküsten, Haken. — Die Strandwälle und Lagunenküsten. — Strandseen, Lagunen. — Die verschiedenen Arten von Flachküsten. — Das Delta als Strom- und Küstenbildung. — Der Boden und die Umgrenzung des Deltas. — Neben- und Binnendeltas. — Lagunendelta. Deltaseen. — Größe und Wachstum der Deltas. — Veränderlichkeit der Deltas. — Die geographische Verbreitung der Deltas. — Die Steilküste. — Längs- und Querküste. — Versunkene Küstenthäler. Rias, Liman, Föhrden, Bodden. — Schuttküsten. — Küsten der Polarländer. — Begriff und Wesen der Fjorde. — Größe und Tiefe der Fjorde. — Fjordstraßen. — Die Fjorde und das Land. — Die Fjorde und das Meer. — Fjorde an Binnenseen. — Die geographische Verbreitung der Fjorde. — Die Entstehung der Fjordküsten. — Die Schärenküste. Die Cala- und Schermküsten. — Die Küste als Schwelle des Lebens. — Das Leben der Küste. — Der Mensch und die Küste. — Die Häfen. — Die Küstenvölker.

Die Küste ein Saum zwischen Land und Meer.

Wohin uns Wanderungen auf dem Lande tragen mögen, sie enden zuletzt auf der Schwelle des Meeres. Und wohin unsere Gedanken über die Erde hinfliegen mögen, sie sehen an jedem Horizont endlich ein Stück Meer aufleuchten. Selbst tief im Binnenlande stehen wir vor den Spuren der Brandung und sammeln Muscheln auf alten Stranden. Kein Fleck, wo das Meer nicht gestanden hätte. Wo aber das Meer ist, und wohin immer es einst kam, war es von dem Saume der Küste umgeben. Wenn es fortschritt, ging ihm die Küste voraus, wenn es zurückging, folgte ihm die Küste. Jedes Festland und jede Insel ist im Kern ein Land, wie von einem Hof umgeben von einem Saum, der nur noch halb Land ist. Die silberne Linie der Brandung zieht um diesen Saum oder ist mit ihm verwoben. Im Übergange vom ausgesprochenen Lande zu unzweifelhaftem Meere liegt es, daß in diesem Saum ebensowohl Meer als Land ist. Er beherbergt die Landschaften, die in der Flut unter- und aus der Ebbe wieder auftauchen, die Flußmündungen, in denen Salz- und Süßwasser einander durchdringen, alle Buchten, die das Meer tief in das Land hineinführen. Wir finden hier steile Wände, in die von einstigen höheren Wasserständen Spuren als Strandlinien eingegraben sind. Wir finden Haffe, die durch Sandbänke von dem offenen Meere getrennt sind, dem sie einst angehörten. Der Strandschutt und die Dünen, die das Meer aufgeworfen hat, die Eilande und Klippen, die das Land verlor: diese alle liegen nun im Küstensaum. Endlich liegt darin auch das untergetauchte Land, das

einst Küste war, und das durch die untermeerische Fortsetzung obermeerischer Thäler noch die deutlichen Züge des Landes trägt.

Es sind bunte und zerstückte Bilder in diesem Saum. Aber ihr Grundzug ist doch einfach: jede Küste besteht aus einem Streifen Land, einem Streifen Meer und aus Bruchstücken von beiden, die halb oder ganz vom Land oder Meer abgelöst sind: Inseln, Halbinseln, Buchten, Küstenseen; ferner aus Ablagerungen zwischen beiden, die stofflich dem Lande angehören, in ihren Formen aber an das Meer erinnern, das das wesentlichste Werkzeug ihrer Gestaltung gewesen ist und fortfährt zu sein. Diese Ablagerungen sind flach wie das Meer, sie folgen manchmal hintereinander wie die Wellen, die gegen das Ufer heranziehen, und sie sind endlich in vielen Fällen geradlinig abgeschnitten durch die Küstenströmungen, die an ihnen in langer Linie gleichgerichtet hinfließen.

Entwickelungsgeschichtlich betrachtet, ist jede Küste ein Denkmal der Geschichte der Verteilung des Festen und Flüssigen auf der Erde. In diesen Riesenpegel trägt sich jede Verschiebung beider ein. Diese Geschichte ist niemals einfach. Jede Küste hat Schwankungen durchgemacht, auch in ihrer heutigen Gestalt. Sie war höher und tiefer gelegen, hat Meeres- oder Süßwasserablagerungen empfangen, ist vom Wind und fließenden Wasser abgetragen worden. Die Küste, die oberflächlich angeschaut so aussieht, als ob sie eine der allerjüngsten Bildungen sei, ist vielleicht in wenigen Metern Tiefe ein Erzeugnis der Strandverschiebungen alter Erdperioden.

Auch Inseln gehören zum Küstensaume, denn außer den Inseln, die selbständig vor Küsten liegen, gibt es solche, die mit der Küste eng verbunden sind und mit ihr zusammen eine Inselküste bilden. Die deutsche Nordseeküste ist nicht ohne die Inseln zu denken, die durch das Wattenmeer mit ihr zusammenhängen. Wir sehen die Zeugen ihres einst engeren Zusammenhanges mit der Küste und erkennen den Wert, den sie als vorgeschobene Positionen für die Erhaltung dieser Küste haben. Ähnlich ist die Stellung der Riffinseln vor der Korallenküste. Die Bildung der Korallenriffe geht von der Küste aus, in deren Brandung sie besonders gut gedeiht, verändert und verstärkt die Küste und trägt wesentlich zu ihrem Wachstum bei. Die Schären gehören zur Schärenküste, wie die Fjordinseln zur Fjordküste; und bei beiden ist die große Menge der Inseln und der Klippen eine wesentliche und folgenreiche Eigenschaft. Auch die vulkanischen Inseln vor einer Küste, wie der des Golfes von Neapel, hängen wenigstens ihrem Werden nach eng mit dem Lande zusammen. Viele Küsten sind nur verkittete Inseln. Wer auf der Fahrt von Kopenhagen nach Swinemünde die deutsche Küste erblickt, glaubt eine Kette von mindestens vierzehn Inseln und Eilanden vor sich auftauchen zu sehen: das ist eine Küste, die aus landfest gewordenen Inseln besteht, deren Bau dem des Festlandes gleicht; in diesem Bau treten ältere Gesteine hervor, die durch jüngere umlagert und verbunden sind.

Zwischen Meer und Land gelegt, ist die Küste die Grenze beider, und daher sind Meer und Land nicht bloß rein stofflich in der Küste vorhanden, sondern ununterbrochen aufeinanderwirkend. Die Küste ist ihnen gegenüber nichts Selbständiges, sondern von beiden abhängig. Hätte man die Frage zu beantworten, die im Grunde müßig ist, ob die Küsten mehr zum Meer oder mehr zum Lande gehörten, so würde man als Geograph sie sicherlich dem Meere zuordnen. Zuerst ist und wirkt in der Küste das Meer als der mächtigere und beweglichere Teil. Wenn die Küste die Grenze irgend eines Teiles des Meeres ist, so steht der Flächenraum des Meeres dieser Küste in unmittelbarer Beziehung zu der Grenze. Ein großes Meer bringt andere Wirkungen an die Küste heran als ein kleines; zugleich tritt aber das ganze Meer der Erde als

unteilbares Ganze in mittelbare Beziehung zu jeder Küste. Als Grenze des Mittelmeeres haben die Küsten der Mittelmeerländer andere Eigenschaften als andere Küsten; die Eismeerküsten sind aus denselben Gründen nicht dasselbe wie die atlantischen oder pacifischen Küsten. Anderes Meer trägt andere Winde, Strömungen, Lebewesen an die Küste. Wenn die Korallenriffe Floridas weit verschieden sind von denen Ostafrikas, liegt der Unterschied zum größten Teil in der Verschiedenheit des Bodens und der ganzen Fauna des Indischen und Atlantischen Ozeans. Besonders ist auch der Küstenabfall verschieden von Meer zu Meer, je nach der Tiefe des angrenzenden Beckens. Der Vergleich der Nordseeküste mit der Küste des Adriatischen und Jonischen Meeres zeigt dort ein fast grenzloses Hineinziehen des flachen Landes in eines der seichtesten Meere und hier ein schroffes Entgegensetzen von zerborstenen Gebirgen und großen Meerestiefen. Dabei liegt die Verwandtschaft der Küstenformen mit den Bodenformen des Landes nicht bloß in der unmittelbaren Fortsetzung der einen in die anderen, sondern es greifen weiterreichende Verwandtschaften des Bodenbaues von den Küsten tief in das Innere der Länder hinein. Das Rote Meer mit dem Ghor und dessen Fortsetzungen bis an den Rand Kleinasiens und mit dem ostafrikanischen Graben, die rechteckigen Buchten des Gelben Meeres und die Tieflandbuchten von Peking und von Mukden, der Finnische Meerbusen und die in seiner Fortsetzung liegenden Buchten und Seen Schwedens und Finnlands vom Wenersee bis zum Onegasee zeigen, wie das Land gleichsam im Spiegel des Meeres sich wiederholt.

Die Küstenformen müssen aber dann doch wieder in den großen wie in den kleinen Zügen über die ganze Erde hin viel Übereinstimmendes zeigen, das breit die örtlichen Verschiedenheiten unterlagert. Ist doch das Meer in allen Zonen im Grunde dasselbe, und nur in den polaren Meeren ändert die starke Eisbildung etwas die mechanische Wirkung der Wellen auf die Küsten. Und das Land steht der Aktion des Meeres bei allen Unterschieden seiner Zusammensetzung in allen Zonen als dasselbe gegenüber. Ob es in der Form der Felsen-, der Sand- oder der Schlammküste sich erhebe, ist dabei nie so wichtig, als daß es überall als dieselbe feste Masse dem Meere begegnet.

Daher also ungemein ähnliche Ergebnisse im einzelnen wie im ganzen, daher nicht bloß die Übereinstimmung der feuerländischen und norwegischen Küste, die schon Cook beobachtete, sondern die aller Fjordküsten überhaupt; daher auch die Ähnlichkeit der niederen Küste des nordamerikanischen Eismeeres in der Gegend der Mündung des Athabasca mit derjenigen des Meerbusens von Guinea in der Gegend der Mündung des Niger, wo doch die klimatischen Bedingungen zwischen diesen Gebieten so verschieden wie möglich sind. Ostgrönland und Jütland sind sehr verschieden voneinander, und doch findet dort Ryder „den flachen, sandigen Strand, die niedrigen Sand-, Kies- und Lehmabhänge gegen das Meer hin, die mit Heide bewachsenen Hänge“: alles an die Küste Westjütlands erinnernd. Darüber hinaus liegt die noch größere Ähnlichkeit in dem allgemeinen Verlaufe der großen Grenzlinien zwischen Land und Meer in den verschiedensten Teilen der Erde.

In jeder Küste ist auch immer ein Element, das dem Lande an sich angehört. Es erscheint an der Küste nur, weil das Meer so weit vorgedrungen ist. Indem es aber vom Meere berührt wird, hilft es die Form der Küste bestimmen. Es gibt keine Bodenform, die nicht irgendwo ans Meer hinausgeschoben und dadurch Küstenform würde. Es ist also eine Betrachtung der Küsten nach den Bodenformen denkbar, die in ihnen stecken, wobei man voraussehen kann, daß die Mannigfaltigkeit der Bodenformen des Landes noch vermehrt wird durch die Sonderbildungen des Meeres an der Küste. Angenommen, das Meer ist bis zu einer Gebirgsfalte

vorgedrungen: legt es sich vor deren Längserstreckung, so entsteht eine Längsküste, legt es sich vor die Falte querüber, eine Querküste. Die Längsküste ist einförmig und hafenarm, die Querküste reich an Halbinseln und Buchten. Brüche des Landes verursachen Senkungen, die das Meer vordringen lassen. Daher sind Bruchküsten da ungemein häufig, wo das Meer einen Bruchrand bespült. Fast das ganze Mittelmeer ist von Bruchküsten eingefaßt. Auch wo dieses Meer den Gebirgsfalten folgt, wie an der Ostseite Italiens dem Apennin, ist die Küste doch eine Bruchküste, denn das Jonische und Adriatische Meer liegen in Becken, die durch Absinken des Landes an Brüchen entstanden sind. Die Westküste Amerikas folgt allerdings dem Zuge der Anden, aber sie ist als Rand des größten Senkungsfeldes der Erde auch von Brüchen begrenzt. Ist das Land an der Stelle gegliedert, an der es sich mit dem Meere berührt, so tritt das Meer in seine Thäler ein; es entstehen Querthalküsten und Längsthalküsten. Wo Flüsse ins Meer münden, öffnen sie in den Ästuarküsten dem Meere tiefe Trichterbuchten oder schieben an den Deltaküsten ihre Anschwemmungsebenen dem Meer entgegen. Wo das Meer sich mit vulkanischen Landschaften berührt, entsteht die vulkanische Küste, die durch Tuffwände, Lavaklippen und Kraterbuchten bezeichnet ist. Vgl. die Kärtchen S. 135, 157 u. a. Das Land stellt dem Meere seine Felsen oder seinen Schutt entgegen: Felsenküsten und Schuttküsten. Und unter den Felsen der Küste wirken die Granite anders auf die Küstenbildung als die Kreide; daher spricht man mit Recht von Granitküsten, Kreideküsten, Sandsteinküsten. Eine seltene Erscheinung ist die Gipsküste, die Conway in der Skansbucht auf Spitzbergen sah, in die das Meer sich tief hineingewühlt und Einstürze voll schneeweißer Blöcke bewirkt hatte. Alle Schuttküsten sind dadurch ausgezeichnet, daß ihr lockeres Material vom Wasser leichter bearbeitet wird als zusammenhängendes Felsgestein. Wir haben sie deshalb zum Teil schon bei den Meereswirkungen kennen gelernt. Die Glazialküsten, welche Moränen dem Meere entgegenstellen, haben am meisten vom Festen des Landes an sich, während in den Dünenküsten, die äolische oder Windbildungen dem Meere gegenüberlegen, die Meereswellen und Seewinde einen überwiegenden Einfluß üben. Endlich nennen wir die Eisküste, die der Steilabfall des Landeises dem Meere schroff entgegenstellt.

Die Küste als Sitz und Erzeugnis der Bewegungen des Meeres gegen das Land.

Indem wir nun die Küste als den Raum bezeichnen, in dem Land und Meer sich begegnen und aufeinander wirken, umgrenzen wir ein Gebiet terrestrisch-ozeanischer Wechselwirkungen. Im Walten dieser Beziehungen zwischen Fest und Flüssig, herüber und hinüber, liegt das Eigentümliche der Küste; in ihnen liegt auch der Ursprung aller der Formen, in denen uns die Küste entgegentritt. Dabei ist aber die Rolle des Meeres eine ganz andere als die des Landes. Im Meere wird eine Fülle von Kraft gegen das Land hin in jedem Augenblick in Wirkung gebracht. Das Meer wird durch die Anziehung der Sonne und des Mondes bis in seine tiefsten Tiefen in Bewegung gesetzt. Die Gezeiten legen bei der Ebbe Strecken vom Meeresboden frei, setzen bei der Flut Strecken Landes unter Wasser. Unmittelbar ruft die Wärme der Sonne strömende Bewegungen im Meere hervor. Mittelbar erzeugt dieselbe Wärme, indem sie Luft in Bewegung bringt, Wellen, die an der Küste sich zur heftigen, ungemein kraftvollen Brandung steigern. Erdbebenstöße pflanzen sich durch die ganze Masse des Meeres fort und erschüttern vom Meere her die Küste. Gehen Teile des Meeres in den festen Zustand, in Eis und Firn über, so findet dieser Übergang mit Vorliebe an der Küste statt, und an die Küste drängt zusammengeschobenes Eis mit Macht an und liegt oft lange an ihr fest, für Jahre dieselbe unnahbar machend. Alle diese

Bewegungen leisten Arbeit, indem sie auf die ihnen sich entgegenstellende Küste treffen, und zwar ist dieses vorwiegend zerstörende Arbeit, wobei die Küste den Rand einer ruhenden Masse bildet, gegen welche diese Kräfte unablässig anwirken. Daher gehören auch zur Natur der Küste die Geräusche der Brandung, die in Polargegenden vermehrt werden durch abstürzende Gletscher und durch die Töne des Treib- und Packeises: alles im größten Gegensatze zur Stille der unbelebten Natur in den küstenfernen Teilen des Landes.

Im Ruhezustande stellt die Küste die Berührung zweier Flächen, einer horizontalen des Wassers und einer schräg abfallenden des Landes dar, im Zustande der Bewegung strebt die



Brandung an der Küste bei Moß Beach, in der Monterey-Bai, Kalifornien. Nach Photographie.

Meeresfläche, sich parallel zur Fläche des Landes zu stellen, wird aber durch die Schwerkraft in die horizontale Lage immer wieder zurückgezogen. In dem Bemühen, die erste Stellung wieder einzunehmen, entsteht ein Wechsel auflandiger und ablandiger Bewegungen. Die auflandige bringt, die ablandige nimmt weg. Aus dem Verhältnis der Kraft der beiden Bewegungen folgt das Vorwiegen der Küstenzerstörung oder der Küstenneubildung. Da sehen wir starke „eiserne" Küsten, die jedem Wogenschwalle standhalten, und schwache, die so viel Abbruch durch Wegspülung und Überschwemmung erleiden, daß sie sogar der Senkung verdächtig sind.

Das Meer ist nicht bloß Träger von Kräften und von toten Stoffen. Es trägt auch Leben an die Küsten hin. Dabei wirken für die Anpflanzung und die Übertragung neuer Formen ins Land hinein die Küsten wie Versuchsgärten. Der angeschwemmten Kokosnuß gegenüber, die auf dem Strande keimt, ist diese Rolle der Küsten die gleiche wie gegenüber der Kolonie fremder Kaufleute oder Ackerbauer, die, vom Meere kommend, von dessen Rand, also von der Küste ins Herz eines Erdteiles weiterwächst.

Strand, Ufer und Küstenlinie.

Wohin wir blicken mögen, begegnen wir am Rande des Landes immer einem mannigfaltigen, veränderlichen Übergangsgebiete. Wo wir, der Karte vertrauend, eine einfache scharfe Linie zu finden erwarteten, zerlegt sich uns die Küste in eine Anzahl von parallelen Gliedern, deren Unterscheidung jeden Zweifel darüber aufhebt, ob man es, wenn von Küste gesprochen wird, nur mit der Linie der Berührung von Meer und Land oder mit einem breiteren, sich daran anschließenden Streifen Land zu thun habe. Man wird vielleicht glauben, an Gezeitenküsten werde die mittlere Höhe des Meeres zwischen Höchst- und Tiefststand die wahre Küstenlinie ergeben. Aber auch diese Linie ist nur eine gedachte, die, wenn sie auch gezeichnet werden kann, in Wirklichkeit nur eine vorübergehende Erscheinung ist. In anderen Meeren gibt es andere Schwankungen, die zum Teil von großer Dauer sind, wie die Stauungen, hervorgerufen durch die beständig in einer Richtung wehenden Winde, und ihr Gegenteil, die entsprechenden zeitweiligen Erniedrigungen des Meeresniveaus. Ich sage also nicht mit Philippson: die Küste ist „streng genommen eine Linie", sondern vielmehr: die Küste ist streng genommen ein Saum. Aber wir brauchen die Küstenlinie, um die Lage und Gestalt dieses Saumes praktisch abgekürzt anzugeben und vor allem, um ihn zu zeichnen.

Wir haben im Deutschen ein Wort, das an der Stelle von Küste gebraucht und ihm gleichwertig erachtet wird. Das ist das Wort Strand. Dieses wollen wir indessen im wissenschaftlichen Sinne nicht mit Küste verwechseln, sondern wir wollen damit den äußersten Saum des Landes bezeichnen, über den die äußersten Ausläufer des Meeres im Wellenschlag vorübergehend herausschwellen. Diesen Strand hat schon vor 60 Jahren Forbes in seinem berühmten Buch über Norwegen der Küste gegenübergestellt, indem er sagte: „Unter Küste verstehe ich nicht das thatsächliche Ufer, welches dem Anprall und Schaum des offenen Meeres ausgesetzt ist, sondern den vergleichsweise schmalen Raum, wo die Berge einen ausgesprochenen Westabhang zeigen." Ufer ist ein viel weiter verbreitetes, zugleich aber örtlich beschränkteres Ding. Man spricht vom Ufer des Sees, des Flusses, des Baches, selbst des Tümpels und der Quelle. Man meint damit nichts anderes als den Rand irgend eines natürlichen Wasserbehälters. Küstenlinie endlich ist die mathematische Berührungslinie von Land und Meer, wie sie gedacht und auf den Karten gezeichnet wird, aber in Wirklichkeit zu keiner Zeit so scharf begrenzt in der Natur vorkommt, wie wir sie zeichnen oder unseren Rechnungen zu Grunde legen. Als Strandlinie würden wir von ihr die obere Grenze der normalen Flut unterscheiden und mit dieser überhaupt die äußerste Grenze der Küste ziehen. Denn so weit die Flut steigt oder in das Land hineindringt, so weit reicht auch die Küste. Es ist zwar nicht üblich, die untere Elbe bis Harburg oder gar die Hälfte des Hudsonlaufes, in der die Gezeiten merklich sind, unmittelbar zur Küste zu rechnen, wohl aber wird man den unteren Hudson bis Neuburg (Newburgh, pfälzische Gründung) als einen Ausläufer der Küste bezeichnen dürfen. Schwankungen der Gezeiten, die z. B. im unteren Mississippi bei Stromhochwasser nicht New Orleans erreichen, ändern die Regel nicht ab, daß, wo überhaupt Meerwasser hinkommt, auch Küste ist.

Wer den Kulturwert einer Küste nur mit Hilfe einer einzigen Linie bestimmen wollte, würde nicht bloß gegen die alleinberechtigte Auffassung der Küste verstoßen, sondern er vermöchte sein Ziel überhaupt nicht zu erreichen. Denn wenn die Küste ein Saum von wechselnder Breite ist, dann hängt von dieser Breite die Zahl der Menschen ab, die ans Meer herankommen. In zweiter Linie hängt diese Zahl von der Gliederung des Saumes ab. Es wiederholen sich in dem Saume parallel verschiedene Glieder einer Küste. Weit hinaus liegen Inseln, dann folgen Halbinseln mit einschneidenden Buchten, dann noch einmal eine Kette von Lagunen oder ein Küstenfluß. Eine solche Reihe ist Helgoland, Kuxhaven, Hamburg; oder besser Norderney, Norden, Emden; oder Swinemünde und die Insel Usedom, das Große Haff, die untere Oder, Stettin. In jeder dieser Reihen stufen sich Meereswirkungen vom offenen Meere bis zum letzten Rest der Flut ab. Daher sind solche Küsten nur in doppelten oder dreifachen Linien zu zeichnen, und der Begriff der einen Küstenlinie ist auf sie gar nicht anzuwenden.

Wirtschaftsgeographisch und politisch-geographisch wird der Begriff Küste noch weiter ausgedehnt. Wir sehen Seeschiffe bis Chicago und Mannheim gehen und hören den Satz: „Der Interozeanische Kanal



Bibliographisches Institut in Leipzig.

wird die Küstenlinie der Vereinigten Staaten bis Nicaragua ausdehnen" (Präsident Hayes). Aber in der physikalischen Geographie bleiben wir bei der Küste stehen, wie sie von Natur ist.

Die Küstenumrisse. Küstenbogen.

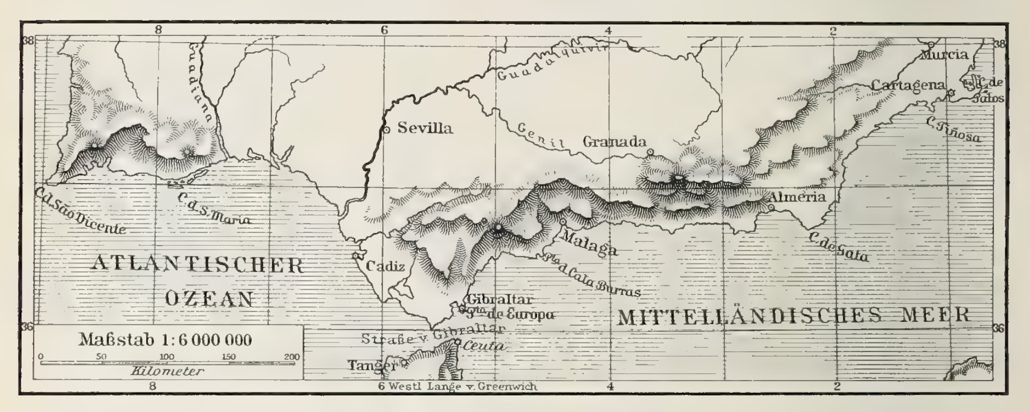
Wo die Küste ungebrochen auftritt, erscheint sie auf der Karte entweder als eine gerade oder als eine gebogene Linie. Die gebogenen Linien sind weitaus häufiger als die geraden, und was auf den Übersichtskarten gerade erscheint, läßt auf den Spezialkarten immer noch leichte Biegungen erkennen. Fast eine Gerade bildet die atlantische Küste Südwestfrankreichs zwischen Gironde und Adour in mehr als 100 km Länge; noch reiner stellt Nordhollands Westküste von Haarlem bis Helder eine Gerade, allerdings nur von der halben Größe, dar. Auch der größte Teil der hinterpommerschen Küste zwischen der Odermündung Dievenow und Köslin ist ziemlich geradlinig begrenzt. An der Ostseite von Florida findet man auf 50—80 km eine fast geradlinige, nirgends merklich unterbrochene Küste. (S. die beigeheftete Karte „Das Kap Canaveral, Florida".) Dies sind Flachküsten. Eine auf die größere Entfernung von weit über 1000 km wesentlich gerade verlaufende Küste scheint die Westküste Vorderindiens zu sein, welche aber allerdings ein Teil der Kurve eines großen Kreises mit Konvexität nach Westen ist und aus zahlreichen kleinen Bogen sich zusammensetzt. Die längste Strecke, auf der eine Küste *eine* Richtung verfolgt, ist die der südamerikanischen Westküste von Arica bis Chiloe, durch 25 Breitengrade; noch weitere 15 Breitengrade setzt sie sich in der äußeren Inselkette von Chiloe bis zum Ende des Kontinentes fort.

Die Auflösung solcher großen geraden Richtungen in eine Menge von Buchten und Wölbungen beruht auf der Thätigkeit des Wassers. Wenn die Brandung auf eine geradlinige Küste trifft, findet sie in Ungleichheiten des Umrisses und des Aufbaues Veranlassungen zu ungleichmäßigem Fortschreiten. Thaleinschnitte, Runsen, Höhlen, lockerer Aufbau erleichtern ihr Eindringen; Vorlagerungen, Vorsprünge, härtere Gesteine erschweren es. Nehmen wir an, ein Thaleinschnitt erleichtere das Eindringen der Brandungswelle, so wird sich diese nur eine Strecke weit senkrecht zur Küstenlinie einwühlen; der Rückstrom bringt eine Seitenrichtung mit ins Spiel, die in die Breite arbeitet. Dieselbe wird unterstützt durch von der Seite hereingetriebene Wellen und gehemmt durch die Reibung an den Ecken der Küste, die man als Thorpfeiler der Bucht bezeichnen könnte. So wird also immer eine Beziehung bestehen zwischen dem Längen- und Breitenwachstum einer Bucht. Und auch die überhaupt möglichen Formen von Meeresbuchten sind durch diese Vorgänge begrenzt. Niemals wird eine vom Meer ausgearbeitete Bucht einen größeren Bogen als einen Halbkreis bilden können, denn ein Halbkreis ist die größte Bogenlinie, deren einzelne Teile alle von der in einer Richtung vorgetriebenen Brandungswelle erreicht werden.

Die Formen der *Küstenbogen* liegen zwischen dem geschlossenen Kreis und der Geraden, zwischen dem flachen Bogen von unendlichem Radius und dem kurzen Kreisbogen von einigen Metern Halbmesser. Bogen, deren Radius kleiner ist als der Abstand des Mittelpunktes des ihnen eingeschriebenen Kreises von der Sehne des Küstenbogens, finden sich nur an geschützten Küsten, im Hintergrunde von Buchten, vollständige Kreise überhaupt nur an kleinen Lagunen. Im allgemeinen läßt sich die Regel aussprechen, daß Bogen von großem Radius sich an offenen Küsten finden, solche von kleinem an zurückliegenden geschützten Küsten. Bogen von 50—60 km Radius sind z. B. an der nordamerikanischen Küste häufig, die Keys zwischen Kap Florida und den Pine-Insel liegen sogar auf einem mathematisch genauen Kreisabschnitt von 156 km Radius, aber nur an den offenen Küsten; Bogen von weniger als 1 km kommen in Buchten und Lagunen

vor. Und eine andere Regel lehrt das häufige Vorkommen von Bogen des gleichen Radius an ein und derselben Küste, wobei das Material von entscheidender Bedeutung ist: es sind hauptsächlich die aus weichem, kleinkörnigem Material zusammengesetzten Flachküsten, an denen die gleichmäßigen Bogenschwingungen häufig sind. Und dabei läßt sich die weitere Regel feststellen, daß die kleineren Bogen, die einen größeren zusammensetzen, von ähnlicher Biegung sind wie jener.

Sind die Bogen der Küsten sehr verschieden nach Größe und Biegung, treten sie bald einzeln, bald gesellig auf, so gibt es doch auch unter ihnen bei näherem Zusehen mehr Übereinstimmung, als der scheinbar regellose Wechsel erwarten ließ. Ich erinnere an eine der merkwürdigsten symmetrischen Bildungen, diejenige der Südspitze der Pyrenäenhalbinsel (s. die untenstehende Karte), wo der südlichste Vorsprung, Kap Tarifa, fast genau je 230 km entfernt ist von Kap Gata auf der östlichen und Kap São Vincente auf der westlichen Seite. Ja noch mehr, die beiden Konkaven, die zwischen den drei Vorgebirgen gelegen sind, gehören annähernd der Peripherie gleichgroßer Kreise von etwas über 700 km Radius an. Die flachen Bogen von



Die Südküste der Iberischen Halbinsel.

der Gironde bis Kap Finisterre und von Kap Gris Nez bis Helder können als Bogen von Kreisen von ebenfalls je 700 km Radius betrachtet werden.

Wenn man die drei von Süden nach Norden abnehmenden Bogen von der Spitze Floridas nach Kap Hatteras, von da nach Kap Cod, von da bis Neuschottlands Südspitze vergleicht, deren Radien annähernd im Verhältnisse 12 : 7 : 3 stehen, möchte man sogar etwas wie einen Rhythmus annehmen, sieht aber bald, daß nur der Bau des nordostamerikanischen Landes diesen allerdings merkwürdigen Schein von Regelmäßigkeit erzeugt. Stellen wir uns der Spitze des Kap Hatteras gegenüber, so ist eine ähnliche Symmetrie wie beim Kap Tarifa sogleich zu erkennen. Ein ganz anders gebildetes Stück Küste, der innere Teil des Meerbusens von Guinea mit der Nigermündung, ist von noch auffallenderer Symmetrie; wir finden hier Formen, die es mit jener Bogenlinie des Golfes du Lion zwischen Agde und Kap Créus wohl aufnehmen, die „auf Erden kaum ihresgleichen an Schönheit und Reinheit der Form findet“. (Weule.) Angesichts solcher Regelmäßigkeiten fragt man: warum gerade nur immer einseitig die Parallelrichtungen (s. oben, S. 217, 277 u. f.) mit so großem Eifer suchen, wo doch diese regelmäßigen wiederkehrenden Bogenformen nicht minder auffallend sind? Formen wie das Nigerdelta (vgl. die Karte, S. 415) oder der südlichste Teil der Pyrenäenhalbinsel gehören überhaupt zum Regelmäßigsten, was es von Landumrissen gibt.

Die Innenseite der Küste und die Fortsetzung der Küste ins Innere.

Sobald wir die Küste als Saum auffassen, gibt es auch eine innere Küstenlinie. Der Innenrand einer Küste ist natürlich schwerer zu bestimmen als der Außenrand, den die große Naturgrenze des Meeres bildet. Nur eine Ringinsel, sei es Atoll oder Kraterrand, wie z. B. Santorin, ist innen und außen vom Meere begrenzt. Vgl. die Karte von St. Paul, oben S. 162. Eine solche Insel ist überhaupt nur Küste. Darin ist ihr eine Nehrung, wie die Frische Nehrung zwischen der Ostsee und dem Frischen Haff, nahe verwandt. Aber Worte wie Küstensaum, Küstenstrich, Wasserkante, Eigennamen wie Côtes du Nord, Costarica; ein Bild, wie Cicero es von Kleinasiens Küste gebraucht, wenn er sie dem bunten Saume vergleicht, der einem Teppich angewoben ist, zeigen hinreichend, daß man sich in vielen Fällen die Küste als eine besondere Landschaft auch vom Hinterland abgegrenzt denkt.

Alle Schwemmküsten reichen so weit einwärts, wie das Meerwasser Niederschläge gebildet hat, und Schwemmküsten, die an Steilküsten angesetzt sind, lassen sogar in einem plötzlichen Wechsel des Gefälles den Unterschied der Küste und des Landes sehr deutlich hervortreten. Im atlantischen Nordamerika setzt sich eine Küstenebene, die von 30 km in New Jersey auf 240 km Breite in Georgia wächst, scharf den Vorbergen der Alleghanies entgegen, welche die Piedmont-Region bilden; der rasche Fall der aus den Bergen der Küste zufließenden Gewässer ist die Ursache, daß man den Namen Fall Line der Innenseite dieses Küstenlandes beigelegt hat. Dem Unterschiede des Gefälles entsprechend verlangsamen die Flüsse ihren Lauf, breiten sich aus, bilden Geflechte, Altwässer und Sümpfe. In diesen Küstengewässern führen die Gezeiten Salzwasser hoch hinauf; daher Brackwasser, Salzsümpfe, salzhaltiger Boden im Küstensaume. Die stofflichen Unterschiede zwischen Küstenland und Binnenland werden dadurch verstärkt. Auch sie kommen dem Volke zum Bewußtsein, wie die Gegensetzung von Marsch und Geest (s. unten, S. 402) zeigt. Es braucht nicht, wie im Küstensaume geschützter Fjordhintergründe Norwegens, Schwemmland an Felsen zu grenzen; der Unterschied ist auch schon beträchtlich, wo Schwemmland an Moränenboden grenzt, wie an der deutschen Nordseeküste.

Die Fortsetzung der Küstenformen in das Innere ist natürlicherweise von dem größten Einfluß auf die Erschließung der Länder vom Meere her. Die Fjordküste hat ihren Reichtum an Seen und teilweise auch an Flüssen in dem zunächst angrenzenden Streifen von Binnenland. Die Lagunenküste hat ihre Haffe, Lagunen oder Etangs, die eine zweite und zwar doppelte Küste weiter im Inneren bilden. Die tiefgelegene Marschküste setzt sich in dem fruchtbaren Marschland ins Innere fort. Auch an anderen Küsten beobachten wir diesen Zusammenhang. Der vielgenannte Hafen von Angra Pequena ist ganz durch den Bau Deutsch-Südwestafrikas in dieser Gegend bestimmt: so wie hier die Schichten nordsüdlich streichen, herrscht nordsüdliche Richtung in allen Buchten, Halbinseln und Inseln dieser Gegend.

Es ergibt sich daraus die Forderung, daß bei der Zeichnung der Küsten die angrenzenden Erhebungen des Festen ebenso gegeben werden müssen wie die anstoßenden Tiefen des Flüssigen. Wenn wir uns das Meer von den Küsten eines Landes aus nach innen fortgesetzt denken, erhalten wir ein Bild, in dessen Umrissen die Thäler Buchten und die Höhen Halbinseln und Inseln bilden. Die Westküste Südamerikas zeigt den einfachen Bau der Anden, die vielgliederigen Umrisse Europas zeigen die Mannigfaltigkeit des Gebirgsbaues dieses Erdteils. In den Längsbuchten und Längsinseln der dalmatinischen Küste spiegelt sich der eigentümliche Bau der Dinarischen Alpen wieder, ebenso wie die gegenüberliegenden italienischen den einfacheren Bau des

östlichen Apennin abbilden. Wie im Kleinen jeder Fjord Norwegens die Fortsetzung eines aus dem Inneren zum Meere herausführenden Thales ist, so erscheint im Großen die Einbuchtung der Amazonenstrom-Mündung als die Fortsetzung des tiefen alten Thales dieses Flusses und ebenso der Golf von Mexiko als die Fortsetzung des Mississippitieflandes, das einmal selbst eine alte Meeresbucht war.

Der Küstenabfall.

In der Natur der Küste spricht sich das Verhältnis des Landes zum Meer aus. Die Küste ist ebensowohl der obere Rand des Meeresbeckens wie der untere Saum des Landes. Die Linie des Landumrisses, die wir in jedem vertikalen Querschnitte durch ein Land ins



Steilküste der Antipoden-Inseln, südöstlich von Neuseeland. Nach Photographie. Vgl. Text hier und S. 383.

Meer tauchen sehen, setzt sich bis auf den Boden des Meeres fort. Je langsamer, allmählicher das Land aus dem Meere hervorsteigt und in das Meer hinabsinkt, desto breiter werden schon die nächsten Möglichkeiten der Berührung und Wechselwirkung zwischen Land und Meer. Die Ebbe entblößt an Flachküsten meilenbreite Strecken, die Flut verschlingt sie, wo sie nicht zurückgedeicht wird, für einige Stunden. An einer echten Steilküste (s. die obenstehende Abbildung) verursacht derselbe Betrag von Gezeitenbewegung nur ein vertikales Steigen und Fallen, das so schwach ist, daß man es erst merkt, wenn man es mit Absicht beobachtet.

Kommen diese Unterschiede schon in jedem Augenblicke zur Geltung und werden sie durch periodische Erschließung und Wiedervernichtung einer Verbindung zwischen Inseln und nächstgelegenem Festland auch praktisch folgenreich, so sind sie doch entschieden am wichtigsten durch die grundverschiedenen Folgen, die durch sie den in längeren Zeiträumen sich vollziehenden Schwankungen des Meeresspiegels gegeben werden. Denn ebenso wie die Flut, die jetzt

innerhalb 6 Stunden den Landstrich bedeckt, von dem sie in den nächsten 6 Stunden sich zurückziehen wird, kommt in 100 oder 1000 Jahren, weil das Meer steigt oder das Land sinkt, eine langsamer heranschwellende Flut zum gleichen Ziel, nur daß sie dann länger verweilt. Dabei weist aber der Flut von Stunden und der Flut von Jahrtausenden die Küstengestalt die gleichen Wege. Ist die Küste steil, dann wird eine Veränderung des Meeresspiegels wenig Einfluß auf die Gestalt des betreffenden Landes ausüben; ist sie aber flach, so wird die geringste Verschiebung das Land mächtig wachsen oder das Meer tief eindringen lassen, kurz, das Verhältnis von Land und Wasser wird an solcher Küste großen Veränderungen in kurzer Frist ausgesetzt sein. Die Bedeutung einer Küstenlinie mißt sich also nach der größeren oder geringeren Entfernung, welche zwischen ihr und dem Meeresgrunde gelegen ist. So wichtige Thatsachen, wie die Zerfällung der nördlichsten Teile von Nordamerika in große Inselgruppen oder die Zerteilung Nordwestamerikas und Nordostasiens durch die Beringstraße (vgl. die Karte, S. 279), erscheinen, so bedeutsam sie auch für die Gegenwart der Erde sich darstellen, im Licht ihrer Beziehung zu den Meerestiefen als wenig tief begründet. Eine Erhebung um 200 m würde diese Küstenlinien alle umgestalten. Ja noch mehr, dieselbe würde die Nordränder aller Kontinente mit den arktischen Inseln zu einem Festlande verbinden, das bis zu den entferntesten bekannten Teilen der Polarländer sich ausdehnen würde. Umgekehrt würde auf der Südhalbkugel eine entsprechende Hebung nur unwesentliche Änderungen in der Gestalt und Größe der dortigen Länder zur Folge haben. Die alten Inseln, die dem tiefen Südmeer entsteigen, sind auch schon seit Äonen „Länder für sich“, während keine große Insel in den Nordmeeren länger als seit der Diluvialperiode isoliert sein dürfte; dies zeigt auch der biogeographische Unterschied (s. oben, S. 356).

Welcher Unterschied, wenn eine nahezu senkrechte Wand 1000 m und mehr in das Meer hinabfällt, während im Mississippidelta wir uns 400 km aufwärts zu begeben haben, um bei der Einmündung des texanischen Red River eine Meereshöhe von 15 m zu erreichen! Jene Küste bildet nahezu einen rechten Winkel mit dieser, die trotz ihres Gefälles praktisch fast als Horizontale aufzufassen ist. Alle Veränderungen nehmen hier große horizontale Dimensionen an, gehen ins Breite, während sie an der Steilküste immer nur einen schmalen Gürtel bilden. Landzuwuchs und Landverlust treten also an den Steilküsten viel weniger leicht ein; diese sind, mit anderen Worten, nicht so leicht veränderlich wie Flachküsten. In einem fast allseitig steilen Küstenabfall spricht sich also ein hoher Grad von kontinentaler Selbständigkeit aus. Die Trennung von Südamerika und Afrika ist vollkommen. Was Alte und Neue von der Atlantis gefabelt haben mögen, ist wenig wahrscheinlich, soweit ein Land gerade zwischen Amerika und Afrika in Frage kommen sollte. Geographisch kann man sich die Atlantis nur auf einer der Inseln, die vor der afrikanischen Westküste liegen, seien es die Kanarien oder Madeira oder die Azoren, denken, oder aber sie muß nach Amerika hinüber oder in die Arktis geschoben werden. An der Nordküste von Afrika könnte eine Hebung um weniger als 1000 m zwei Verbindungen Afrikas mit Europa über Gibraltar und Sizilien herstellen, während die Südküste in solchem Falle bloß um 5° weiter nach Süden wüchse, indem die Agulhasbank sich ihr angliederte; die Ostküste nähme Madagaskar und die Nachbarinseln in sich auf. Wenn wir also in dem Küstenabfall, je nachdem er steiler oder langsamer ist, den Ausdruck der im Verlaufe der Erdgeschichte hervorgetretenen Möglichkeiten von Verbindungen mit den Nachbargebieten erblicken, so waren diese Möglichkeiten für Süd- und Mittelafrika, abgesehen von jenen beiden Stellen, immer sehr gering. Das spricht sich ja auch in der Selbständigkeit der Pflanzen- und Tierwelt des Erdteiles aus.

Es gibt in jeder Küste Unterschiede des erdgeschichtlichen Alters ihrer einzelnen Teile, die auch in der Küstengestalt zum Ausdruck kommen. Jede Küste vereinigt Züge höheren mit solchen geringeren Alters. Die südamerikanische Küste, die den Anden parallel läuft, ist älter als ihre Gliederungen, die großenteils senkrecht auf der Achse der Anden stehen. Der allgemeine Umriß Skandinaviens ist älter als die Fjorde, die ihn zerschneiden und zerfransen.

Jede Küstenform ist also auf die Tiefe zu prüfen, bis zu der sie sich fortsetzt; jedes Formelement der Küste ist also nach der Tiefe hin zu verfolgen und kann nicht mit einer Linie,

sondern nur in mehreren gezeichnet werden, die fast immer konzentrisch sein werden. Wenn wir im Blick auf die Oberflächenbeschaffenheit der Küste die Vorstellung eines Küstenbandes oder einer Küstenzone aufnehmen mußten, so verbreitert sich diese Vorstellung, indem wir das Wesen der Küste vertiefen, auch nach außen und unten hin. Die Küste ist nicht bloß ein Band über dem Meere, sondern auch unter ihm. Deshalb gehört zu ihrem vollen Verständnis die Kenntnis des Küstenabfalles, besonders jener obersten Stufe, wo das Land bis etwa 200 m langsam den großen Meerestiefen sich zusenkt. Der Verlauf der Linien gleicher Tiefe unter dem Meeresspiegel und der Linien gleicher Höhe über dem Meeresspiegel ergänzt also die zwischen beiden hinziehende Küstenlinie zum Küstensaum.

Tiefmeer- und Seichtmeerküsten.

Die alte Entgegensetzung von Steil- und Flachküsten gewinnt unter diesem Gesichtspunkt eine tiefere Bedeutung, muß aber, da es sich zunächst um Kräfte handelt, des morphologischen Gewandes entkleidet und in den größeren Gegensatz von Tiefmeer- und Seichtmeerküsten aufgelöst werden, der ein Massengegensatz ist. Aus diesem Gegensatze heraus werden sich dann weiter die Unterschiede alter und junger Küsten ergeben, als unmittelbare Folge der geringen Veränderungen, welchen jene, der großen Veränderungen, welchen diese in gleichen Zeiträumen zugänglich sind. Tiefseeküsten werden also überall alte Küsten sein, wo nicht Vulkanismus, Korallenbauten oder Fjorde Fremdes an dieselben herangebracht haben. Indem wir mit diesem Schlusse die bekannte Geschichte der Festländer in Verbindung setzen, werden wir auch erwarten dürfen, im allgemeinen ältere Küsten an den Süd-, jüngere an den Norderdteilen zu finden.

Welches sind nun die Merkmale der alten Küsten? Da der Wirkungsweise der Brandungswelle gegenüber die örtlichen Verschiedenheiten mit der Zeit immer mehr abgeglichen werden, wird die alte Küste freier von ihnen sein als die junge, ihre Linien werden wenig gebrochen sein, die Ungleichheiten werden sich in Bogenlinien von mehr oder weniger großer Sehne ausdrücken, und die Mehrzahl dieser Bogen wird durch flach konkaven Verlauf bezeichnet sein. Endlich werden ausgedehnte Ablagerungen Zeit gefunden haben, sich mit der Küste zu verbinden, und auch durch sie werden viele Unebenheiten ausgeglichen sein. Die junge Küste wird, wo sie flach ist, die frischen Spuren des Kampfes zwischen Meer und Land zeigen, reich an leicht veränderlichen Buchten und Vorsprüngen sein. Ist sie steil, so wird sie noch ganz von den Formen des Landes abhängen. So mannigfaltig, wie diese sind, so verschieden sind die formenreichen jungen Küsten, die entstehen, wenn jede Vertiefung zur Bucht, jede Erhöhung zur Insel oder Halbinsel wird und weder das Land noch das Wasser Zeit gefunden haben, die Unterschiede auszugleichen.

Allgemeine Küstenlänge.

Man kann die Küste des Weltmeeres auf einer physikalischen Karte ausmessen, so wie Karl Ritter die Gliederung der Festländer ausgemessen hat. Dabei gelangt man zu Schätzungen, die weit unter der Wahrheit bleiben, denn man mißt ja nur die „allgemeine Küstenlinie“, die eine Verallgemeinerung der natürlichen oder besonderen Küstenlinie ist. Sie ist nicht einmal eine rein wissenschaftliche Verallgemeinerung, sondern durch das praktische Bedürfnis der Kartenzeichnung gegeben. Es ist ein gewaltiger Unterschied zwischen beiden. Die amtlichen Ausmessungen geben den Vereinigten Staaten von Amerika eine allgemeine Küstenlinie von 9130 km und eine besondere (mit Einschluß aller Inseln, Buchten und Flüsse bis zum Ende der ozeanischen Schiffahrt) von 103,300 km. Die besondere Küstenlinie ist also mehr als elfmal so groß

als die allgemeine. Man kann daraus entnehmen, wie weit entfernt von der Wahrheit die in gebräuchlichen Lehrbüchern der Geographie zu findende Angabe ist, die Berührungslinie zwischen Land und Meer messe 200,000 km; sie mißt vielmehr ohne Zweifel mehr als 2 Mill. km.

Wie wichtig die Kenntnis dieser Größe ist, mag folgende Erwägung zeigen. Die Küste ist nur ein Teil des ungeheuer ausgedehnten Saumes, in dem Land und Wasser auf der Erdoberfläche sich berühren. Sie ist aber der Teil, in dem die mächtigsten und vielseitigst bewegten Wassermassen gegen das Land, am Lande hin und vom Lande weg sich bewegen. Dieser Bewegung gegenüber ist ein Punkt der Küste so wichtig wie der andere, und aus der Summe der Punkte, in denen diese Berührung stattfindet, ergibt sich die Größe der dabei geleisteten Arbeit. Die Summe dieser Punkte allein macht die wahre und wirkliche Küstenlänge aus. So wie uns das Weltmeer eins ist mit allen seinen großen Ozeanen, Rand- und Nebenmeeren, so müssen wir auch die Küsten dieses einen Weltmeeres losgelöst von ihren örtlichen Erscheinungen betrachten. Gewöhnlich betrachtet man die Küste als Teil irgend eines Abschnittes der Erde: eines Meeres, eines Festlandes, einer Insel, einer Landschaft. Wir wollen die Küste als eine große tellurische Eigenschaft auffassen. Wie wäre eine kleinere Auffassung möglich neben den großen Thatsachen der Summen der Land- und Wasserflächen, die wir in der Verhältniszahl 1:2,54 auszusprechen gewohnt sind? Muß nicht den großen Land- und Wasserflächen, die nebeneinander liegen und einander durchdringen, auch ein einziger großer Begrenzungssaum entsprechen? Die Länge dieses Saumes ist nun die wirkliche Küstenlänge.

Die Arbeit äußerer Kräfte an der Küste.

Wohl folgt die Küste im allgemeinen den Umrissen ihres Landes, aber im einzelnen hat sie ihre besonderen Bildungen. Auf diese führt ein großer Teil der kleinen Unebenheiten der Küstenumrisse zurück. Man sieht es diesen gezahnten und gewellten Linien an, daß in der Küstenbildung selbständige Kräfte mitwirken, die für sich allein aufbauen und einreißen. Sie thun dies überall, wo ihnen die Umstände entgegenkommen. Günstige Umstände sind aber für den Aufbau Zufuhr von Material, passender Baugrund und Fernbleiben der zerstörenden Kräfte, die den Küstenbauten gefährlich werden können. Der erste Fall tritt ein, wo Ströme schlamm- und sandführend aus dem Inneren der Länder heraustreten und weit über die Küstenlinie vorspringende Schwemmgebilde aufbauen; die zweite Begünstigung findet sich an den Flachküsten, die dritte in den geschlossenen oder halbgeschlossenen, von Gezeiten wenig bewegten Lagunen, Rand- und Mittelmeeren. Was aber die Zerstörung der Küsten anbetrifft, so geht diese allenthalben vor sich. Ein Brandungsstreifen umrahmt jede Küste (s. die Abbildung, S. 382), und ihm entsprechen Strandlinien, d. h. Spuren der Arbeit der Wellen in den verschiedensten Formen. Alles was das Meer bewegt, verstärkt die zerstörenden Kräfte an der Küste. Starke, landeinwärts wehende Winde, hohe Fluten, Küstenformen, die der Stauung des bewegten Meeres günstig sind, kommen der Küstenzerstörung entgegen. Von dem Lande her arbeitet fließendes Wasser diesen Kräften in die Hände, indem es die Küste zerschneidet. Ein Wasserfall, der in den Hintergrund einer Meeresbucht stürzt, ist auch eine Brandung, die der Brandung des Meeres neue Wege öffnet. In Nischen und Kesseln sind beide Arbeiten nicht zu unterscheiden. Unter dem Einflusse solcher zerstörender Kräfte erscheinen uns die Ränder der Erdteile wie aufgelockert. Meeresteile, wie die Magalhãesstraße, wo die Brandung ohne Unterbrechung so stark wütet und schäumt, daß die Durchfahrt den Namen „Milchstraße“ empfangen hat, oder die südwestafrikanische Küste, wo die Küstenfahrer nach dem Gehör steuern, da die

Brandung schon in acht Seemeilen Abstand vernehmbar ist, obwohl noch ebenso unsichtbar wie der flache Strand (Stapff), der Kanal, wo die Flut zu einer Höhe von 15 m ansteigt, zeigen eine allgemeine Zerbröckelung der anliegenden Küsten. Zahlreiche Felseninseln, untermeerische Klippen, zungenförmige Bänke und Klippenreihen in der Fortsetzung von Landzungen zeichnen hier in vielgebrochenen Küstenlinien Bilder, deren Grundzug Zerstörung ist.

Die mechanischen Leistungen der Brandung in Druck und Transport sind außerordentlich groß. Auf 1 qm Fläche 29,7 metrische Tonnen Druck hat Stevenson mit seinem Dynamometer gemessen, der nach dem Prinzip der Federwage konstruiert ist. Vielleicht sind aber unmittelbar verständlicher jene Leistungen, die Murchison und Stevenson auf den Bound Skerries, den östlichsten Felstrabanten der Shetlandinseln, beobachteten: ein Gneisblock von 7½ Tonnen



Küste von Peru mit der Stadt Mollendo. Nach J. Habel. Vgl. Text, S. 381.

Gewicht war von der Brandung 22 m weit über sehr rauhes, zerklüftetes Gelände fortbewegt worden. Am Hafen von Cette hat die Brandung einen Block von 70 cbm und 150 Tonnen Gewicht verschleppt, und bei einem ungemein heftigen Oststurm in der Nordsee im Dezember 1872 ist ein künstlicher Wellenbrecher am Hafen von Wick (Schottland) im Gewichte von 800 Tonnen 10—15 m von seiner Stelle gerückt worden. Die Stoßkraft der Welle wächst mit ihrer Höhe, sie ist daher am größten in der Klippenbrandung an offener See. Wie bedeutend dabei die für gewöhnlich geringe Höhe der Welle gesteigert wird, mag man daraus entnehmen, daß Leuchttürme von 35 m Höhe buchstäblich von den Wellen eingehüllt werden, und daß am 29. Dezember 1891 eine Sturzwelle in die 48 m hoch über Wasser liegende Laterne des Leuchtturmes von Tillamuk (Oregon, ungefähr 46° nördl. Breite) schlug. Es ist nicht selten, daß man an Steilküsten oberhalb 40 m Steine und Muscheln findet, die von den Wellen hinaufgeschleudert worden sind.

Die Brandung an einer Steilküste treibt zunächst durch den Druck auf die Felsmauern, die ihr entgegenstehen, das Wasser in deren Fugen, erweitert die kleinsten Risse, lockert den Zusammenhang. Durch Spalten der Brandungsklippen wird Wasser mit solcher Gewalt hindurchgepreßt, daß es wie Dampf aus dem Ventil einer Dampfmaschine aufs feinste zerstäubt und pfeifend entweicht. An der Südwestecke Sawaiis in der Samoagruppe liegt die Basaltküste 4—5 m über dem Meer. Das Gestein ist

durchlöchert und von Kanälen durchzogen. „Stürzt nun die See in diese Höhlen, dann erzittert der ganze Grund; die Risse brodeln, rings zischt es auf, als ob man auf thätigem vulkanischen Boden stünde; und plötzlich, als ob alles zerbräche, stürzt geisirartig aus den Löchern, blasend, der Wasserdampf hoch in die Luft hinauf, mit jeder Passatsee neue Wunder hervorzaubernd" (Krämer). Auf den Tonga-Inseln hat das zurückfallende Wasser Kalksinterbecken gebildet, die an die der Geisirquellen erinnern.

Die zurückströmende Welle reißt losgelöste Bestandteile mit. Doch gestatten die Bodenformen nicht oft ein einfaches Zurückströmen, sondern Klippen, die sich dem Wasser in den Weg stellen, rufen Wirbelbewegungen hervor. Zeugnis dafür sind die Riesenkessel, in deren



Bonifacio an der Südspitze von Korsika. Nach Photographie.

Tiefe hineinschlagende Brandungswellen ununterbrochen Rollsteine umhertreiben. Endlich wirkt kataraktartig die Spitze der Welle, die sich am rascheſten vorwärts bewegt, während ihre unteren Teile durch Reibung verlangsamt werden. Die sich überstürzende Wellenspitze vereinigt Geschwindigkeit und Schwere. So kommt zum Druck von vorn der Druck von oben. Alle diese Wirkungen stürmen also auf der ganzen Küstenlinie gegen das Land an und zerstören seine Grundlage bis zu der Höhe der Wellenspitzen und bis hart unter die Wasserlinie. Es findet also an einer Steilküste immer eine Unterhöhlung (s. die obenstehende Abbildung) statt, die Höhlenbildungen und Einstürze zur Folge hat. In lockeren Küsten, wie an der 4—10 m hohen Moränenküste Mecklenburgs, wühlt die Brandung förmliche Höhlungen reihenweise nebeneinander aus, und wenn die Höhlen und Nischen von zwei Seiten zusammentreffen, brechen sie Küstenvorsprünge durch und erzeugen Küstenthore (vgl. die Abbildungen, S. 378 und 385), Tunnels, Türme und Obelisken.

Kleine Küstenformen zeigen die Art, wie die Brandung im einzelnen arbeitet. Jene Riesenkessel der Brandung sind so regelmäßig gebildet und so groß, wie man sie auf alten Gletscherböden findet, aber viel zahlreicher. Auf schrägem Küstenabfall rollt die Brandung Steine weberschiffchenartig in langen parallelen Rinnen hin und her, die immer tiefer werden. Überhaupt findet an der Küste ein endloses Hin- und Herrollen und Zerkleinern statt, wobei Rückwand und Boden in Mitleidenschaft gezogen werden. An Kalk- und Dolomitküsten entsteht durch die ungleiche Lösbarkeit des Gesteines ein Wechsel von Erhöhungen und Vertiefungen, von gewundenen Spalten und scharfen Schneiden, Trichtern und Kesseln, der an die Karrenfelder erinnert. Man spricht darum von Küstenkarren.

„Die Oberfläche der von der Brandungungswelle unabläſſig bewegten Kalkfelsen zeigt die wunderlichsten, an Karrenfelder erinnernden Formen, tiefe Rinnen, scharfe Kanten, kreisrunde, wassergefüllte Becken verschiedenster Größe, natürliche Fischbehälter" (Theobald Fischer von der algerischen Küste bei Tipaza). Bohrende Muscheln, Würmer und Schwämme, welche die härtesten Gesteine durchlöchern, gehören zu den Vorläufern des Zerstörungswerkes der Brandung.

Zweifellos wird die Hauptarbeit an der Küste über dem Wasserspiegel und wenige Meter darunter gethan. Wir werden aber doch nicht vergessen dürfen, daß die Arbeitsleistung der Wellen des offenen Meeres bis 200 m in die Tiefe reicht, die der Wellen der Adria bis 40 m. Taucherglocken, die in 15—20 m Tiefe arbeiteten, erfuhren heftige Schwankungen. Das Wasser über der Neufundlandbank wird sogar bis zu einer Tiefe von 650 m und mehr beunruhigt. Das bedeutet also Wellenarbeit, die unter und vor dem Küstenrande vor sich geht. An Gezeitenküsten findet die stärkste Bewegung bei $1/2$—$3/4$ Fluthöhe statt; somit liegt die Linie stärkster Wellenwirkung über der Ebbelinie. Aber die Gezeitenströme gehen, wo die Gestalt des Meeresbodens oder der Inseln sie einengt, tiefer als die gewöhnlichen Sturmwellen. Die Lage einer Küste zum vorwaltenden Wind äußert sich natürlich auch in Brandungswirkungen. Die dem Passat entgegengestellte Nordküste Tenerifes trägt stärkere Brandungsspuren als die südliche. Selten wird es möglich sein, die Leistung der Brandungsarbeit an einer Felsenküste zu messen. Aber vielleicht bietet die Insel St. Paul (vgl. die Karte, S. 162) ein interessantes Beispiel des Fortschrittes der Küstenerosion, denn die Barre, die den Kraterkessel abschließt, war wahrscheinlich noch nicht offen, als W. de Fleming 1697 die Insel besuchte; jetzt ist sie für kleinere Fahrzeuge zugänglich.

In Frostländern übt das gefrierende Wasser seine sprengende, auflockernde Wirkung. Zwar ist die oft wiederholte Behauptung nicht richtig, daß die Lehmküsten der Ostsee im Frühling genau so weit einstürzen, als der Frost im Winter in sie vorgedrungen war; dort scheint vielmehr der stärkere Zerstörer der Regen zu sein. Aber sicherlich arbeitet der Frost in anderen Gesteinen kräftig. So in dem Buntsandstein Helgolands, der durchläſſig, leicht spaltbar und in feuchtem Zustande so weich ist, daß er abfärbt. Wenn auch Helgoland der ausgezeichnetste Repräsentant des Seeklimas in Mitteleuropa ist, so liegen doch die mittleren täglichen Temperaturminima des Januar, Februar und März unter dem Gefrierpunkt. Die mittlere Zahl der Frosttage war im Jahre 1862: Oktober 0,1, November 4,2, Dezember 10,9, Januar 16,5, Februar 14,1, März 14,3, April 1,9. Die frostfreie Zeit umfaßt durchschnittlich 231 Tage (in Berlin 202, München 161). Es wird also häufig der Fall eintreten, daß das in die feinen Spalten und Röhrchen des Sandsteins und die Risse des Thons eingedrungene Wasser gefriert und, wie immer, unter Ausdehnung gefriert. Die Gesteine werden dadurch gelockert, und es ist Thatsache, daß besonders häufig Abstürze und Rutsche am Schlusse der Frostzeit eintreten, wenn bei Tauwetter die gelockerten Stein- und Thonmassen den Zusammenhang verlieren. Dabei ist

indessen wohl zu beachten, daß der Gefrierpunkt des Meerwassers mehr als 2° tiefer liegt als der des Süßwassers. Daß **Treibeis** an der Zerstörung der Küste mitarbeitet, belegen manche Beobachtungen aus dem Nördlichen Eismeer. John Roß führt große Schiefermassen an der Küste von Boothia Felix an, die vom Eis aufgehoben wurden. Und wie strandendes Eis Kies und Sand landwärts treibt und dadurch kleine Nehrungen mit Lagunen bildet, ist aus Spitzbergen mehrfach beschrieben worden.

Da die Brandungswelle nicht über eine verhältnismäßig kleine Höhe hinauswirkt und noch enger nach unten hin begrenzt ist, ist ihr zur Arbeit an einer steilen Küste nur ein schmaler



Das **Küstenthor** bei Monterey an der Westküste Kaliforniens. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 383.

Saum angewiesen. Indem sie in diesem wühlt und spült, schafft sie eine Hohlkehle, die **Brandungskehle**, die unten flach und oben bis zu scharfen Überhängen gewölbt ist. Aus zwei Gründen ist diese Bildung wichtig. Zuerst ist sie die nächste Veranlassung der Einstürze an Küstenwänden, in denen allerdings auch alle jene Werkzeuge wirksam sind, die in den Gebirgen Bergstürze, Muhren und dergleichen hervorrufen. Und dann entwickelt sich aus dem unteren Teile der Brandungskehle die **Küstenplattform**, die für die ganze Küste von Bedeutung werden und an sinkenden Küsten eine große Ausdehnung gewinnen kann. Die Küstenplattform ist der Rest des Küstenrandes, von dem die Brandung alles darüber Hinausragende weggebrochen und weggeführt hat. Wenn die Brandung ihr Werk so weit vollendet hat, übt sie nur noch eine abspülende und abreibende Wirkung aus, wodurch die Plattform langsam weiter erniedrigt wird. Diese Wirkung nimmt landwärts rasch ab; so wird mit der Zeit eine Ebene entstehen, die leicht meerwärts geneigt ist. In der Regel ist diese Plattform nur wenige

Kilometer breit; wo sie eine größere Breite erreicht (9 km bei Algier, 12 bei Oran, 20 km bei Arzren nach Theobald Fischer), muß man an die Mitwirkung von Senkungen denken.

Nicht überall fällt die Küste Norwegens unvermittelt ins Meer ab; auch wo sie Steilküste zu sein scheint, ziehen sich längs der Küste niedrige, beinahe wagerechte Strecken, für die Hans Reusch den Sondernamen Norwegische Küstenebene vorgeschlagen hat. Sie beginnt im Meere mit kleinen, nackten, flachen Klippen, weiter binnenwärts bildet sie flache Insel- und Festlandränder und steigt bis zu 100 m an. Immer hebt sie sich schroff von dem steileren Lande dahinter ab. Sie ist von 50° nördl. Breite bis Tromsö zu verfolgen, wo die einfache Steilküste an ihre Stelle tritt. Ihr gehören die Zehntausende norwegischer Küsteninseln, der ganze Schärenhof (skjærgaard) an, die Häfen und Städte von Bergen, Stavanger liegen in und auf ihr, und für einen beträchtlichen Teil der Bevölkerung Norwegens ist sie Wohnplatz und Wirtschaftsgebiet. Der niedrige Teil der Felseninseln, der überschwemmt ist, der gerade über das Meer ragt, Torghatten, die als „schwimmender Hut" bezeichnete niederumrandete Insel, die flachen Ränder, mit denen die steilen Granittürme der Lofoten aus dem Meere steigen, gehören in den Formenkreis der Küstenebene. Im Inneren der Fjorde fehlt die Strandebene, wie dort auch die Strandlinien ausbleiben. Wenig höher als die Küstenebene liegen die Schutt-Terrassen ausmündender Thäler, in deren Höhe man so oft die Strandlinien ziehen sieht. Strandebene und Strandlinie ersetzen einander, denn wenn jene einem sanften Küstenabfall vorgelagert ist, erscheint diese, sobald die Küste steiler wird. Da diese Strandebene in den verschiedensten Gesteinen mit ganz ähnlichen Eigenschaften erscheint, kann die allgemeine Denudation an ihr nur einen kleinen Anteil haben; sie ist vielmehr „das großartigste bekannte Beispiel von sicherer Brandungsabrasion" (Eduard Richter), deren Zustandekommen allerdings nur unter Mitwirkung der Küstensenkung zu denken ist. Über die Bedeutung solcher Küstenebenen für das Leben im allgemeinen s. unten, S. 448 u. f.

Derartige Küstenplattformen kommen auch an Binnenseen vor, wo bis 5 m Wasser über ihnen stehen. An den Strandlinien im anstehenden Fels, die besonders in vielen Fjordregionen aus dem Wasser gehoben sind, sehen wir Küstenplattformen verschiedenen Alters und verschiedener Größe stufenweise übereinander geordnet. Wo die Brandungswirkung ihr Ende fand, erhebt sich die Küste in ihrer alten Höhe als Kliff, die steile Rückwand der Küstenplattform bildend.

Bei der Abtragung von Schuttküsten entstehen terrassenförmige Schuttplattformen. An der abbröckelnden Moränenküste zwischen Warnemünde und Heiligendamm tritt sie in folgender Weise auf: ein mäßig geneigter flacher oder flachwelliger Strand senkt sich von den steilen, manchmal senkrechten Wänden des Glazialschuttes, die 4—10 m hoch sind, dem Meere zu. Diese flache Vorlagerung setzt sich aus dem Schutt der weiter zurückliegenden Steilküste zusammen. Da diese Küsten eine Moräne von wechselndem Gesteinsreichtum darstellen, so ist auch die Vorlagerung bald mehr mit großen Blöcken besät, bald aus Geröll und an wenigen Stellen aus Sand zusammengesetzt. In solchen Schutt-Terrassen findet die Brandung ein starkes Hindernis ihrer Angriffe auf die Küste, das Wasser versinkt darin, ehe es bis zum Kliff vordringt. Da nun diese schützende Schutthalde um so größer wird, je höher die Küste ist, geht die Zurückdrängung der Steilwand dahinter durch die Brandung am raschesten an Küsten von geringerer Höhe vor sich.

Einstürze sind an Steilküsten dieser Art eine häufige Erscheinung. Sie wiederholen sich von Zeit zu Zeit an den verschiedensten Stellen, auch an solchen, die gar nicht vom Meer unterwühlt zu sein scheinen. So stürzte im Sommer 1890 eine etwa 45 Schritt lange und 20 Schritt breite, ungefähr 12 m hohe Wand von Geschiebemergel ausschließlich durch den Anprall eines heftigen Nordweststurmes an der Westküste des Dornbusch auf den Vorstrand von Rügen. Am Kap Hève bei Havre fanden 1860—70 drei Einstürze statt. Beim ersten, 1860, setzten sich in der Falaise von Bléville 30,000 qm in Bewegung. Beim zweiten rutschten die unteren Klippen auf der Basis des Kimmeridge-Thones ab, worauf weiter oben sich Spalten bildeten und insgesamt 8 Hektar sich abwärts bewegten, bis die neue Ablagerung 40 m in das Meer vortrat. Die zwei Tage dauernde Bewegung verlagerte gegen 1 Mill. cbm. Nach dem Winter von 1880 bildete sich durch Einsturz eine Lücke von 200 m Länge und 12—15 m mittlerer Breite im oberen Teile des Vorgebirges, während eine ähnliche Rutschung wie früher ca. 2 Mill. cbm im tieferen Niveau in Bewegung setzte, die gegen 100 m ins Meer vorgetreten sind.

An den Klüften des Gesteins lösen sich in ähnlicher Weise in der Kreide von Rügen große Felsmassen ab und bewirken dadurch große, plötzliche Abstürze. So löste sich anfangs der 80er Jahre eine

50 m lange und 20 m hohe Kreidewand 5—6 m breit von dem Rande des Steilufers los und stürzte mitsamt ihrem Waldbestand in die Tiefe und zum Teil unmittelbar ins Meer, wo sie noch mehrere Jahre hindurch eine Insel bildete, die langsam verschlämmt und weggewaschen wurde. Noch 1891 hat ein größerer Felssturz von der Wand von Kleinstubbenkammer stattgefunden. Daß solche Abbröckelungen und Abstürze häufig sind, lehren schon die blendend weißen Abbruchstellen, die sich scharf von der grauen und braunen Farbe der verwitterten, mit Schlamm und Flechten bedeckten Teile abheben. Eindringendes Wasser, Spaltenfrost und Wurzelfasern lockern den Zusammenhang der steilen Kalkfelsen und bereiten kleine und große Abbrüche vor. Die Oberfläche der Kreidefelsen ist von einer aus eckigen Bruchstücken bestehenden Verwitterungskruste bedeckt, aus der einzelne Stücke durch ihre eigene Schwere, Sturm, Wasser herausgelöst werden. Sie sammeln sich dann in mächtigen Halden am Fuße der Steilwände, durchtränkt und durchweicht, zum Teil in breiartig flüssigem Zustande, und werden bei Regengüssen hinaus ins Meer geführt, das sie weithin milchig trübe färben. Örtlich und zeitlich beschränkt, dann aber um so erfolgreicher wirken die Bäche, die in tausend Rinnen, in seichten Einkerbungen und tiefen Spalten und Schluchten ihren Weg machen, beladen mit Kreide- und Diluvialschutt, der sich am Boden der Steilwand und zum Teil selbst auf dem Meeresboden ablagert. Mit der Abbröckelung verbindet sich diese Wassererosion und erzeugt breitere, zirkusartige Schluchten vorzüglich dort, wo sie in das leichter zerstörbare Diluvium eindringt. Da die Schichten der Kreide bei Kleinstubbenkammer, am Königsstuhl und anderen Orten steil landeinwärts einfallen, hat die Erosion um so leichtere Arbeit. An den Felsenküsten Rügens entsteht durch den Abbruch nicht unmittelbar ein Küstenverlust und ein Eindringen des Meeres, sondern es wird zunächst nur die Küstenform umgeändert, indem Steilheiten ausgeglichen und Hervorragungen abgebrochen werden, wodurch eine Erhöhung und unter Umständen auch eine Vorschiebung des Vorstrandes oder Strandwalles entsteht. Wird dann später der lockere Schutt dieser Abstürze von den Wellen zerrieben und verlagert, so bleiben Blockwälle oder Steinriffe übrig, wie man sie vor dem Dornbusch, am Steilufer Wittows, wo sie in zwei parallelen Zügen 1 km weit ins Meer hinausziehen, antrifft. Ein mächtiger Block, der Jasmundstein, liegt 800 m vom Ufer und ist durch ein besonderes Seezeichen kenntlich gemacht. Auf der Nordseite von Mönchgut ragt der Buschkamm 400 m vom Ufer entfernt aus dem Wasser hervor.

Auf Helgoland (s. die Abbildung, S. 311) sind Abstürze, Einstürze von Felspfeilern und -thoren ungemein häufig; deren Trümmermassen sind oft noch einige Jahrzehnte sichtbar, bis endlich nur noch ein Sockel zu erblicken ist, und auch der nur bei Ebbe. Dadurch ist in geschichtlicher Zeit die bebaute Oberfläche der genannten Felseninsel merklich kleiner geworden, was besonders durch den Rückgang von Gärten und Äckern kund wird. Aus den letzten zwei Jahrhunderten sind über 20 beträchtlichere Ab- und Einstürze genauer berichtet worden. Direkte Messungen von Wiebel haben außerdem einige Thatsachen über die Fortschritte der Arbeit erkennen lassen, welche die Brandung unter bestimmten Umständen leistet. Eine isolierte Felswand an der Nordwestspitze, die in der Höhe der Brandung von mehreren Löchern durchbohrt ist, zeigte, daß die durchflutenden Brandungswellen hier in 7 Jahren eine Erweiterung um 4—5 cm bewirkt hatten. Daraus läßt sich aber kein mittlerer Zerstörungswert ableiten, weil die Abstürze viel rascher, aber nur stellenweise, arbeiten.

An steilen Schuttküsten schreitet derselbe Vorgang durch noch häufigere Einstürze und Abbröckelungen in schnellerem Tempo fort. An der Küste Hinterpommerns sah P. Lehmann in Hoff den Kirchhof angegriffen, so daß Särge und Gebeine aus der Uferwand hervorragten; die alte Kirche, nur noch 2 Fuß vom Uferrand entfernt, ist dort ebenfalls verlassen und dem Untergang geweiht. Einzelne Dörfer werden Hof für Hof langsam landeinwärts gedrängt. Lehmann findet es glaublich, daß hier von 1821—83 durchschnittlich 0,2 m, aber in den vorhergehenden 71 Jahren durchschnittlich 0,6 m pro Jahr verloren gingen. In der Ungleichmäßigkeit des Vorrückens liegt kein Anlaß zu Zweifeln. Bei Jershöft scheinen 45 m Verlust von 1841—83 festgestellt zu sein. Dieses Vordringen des Meeres geschieht nicht in gerader Linie, sondern es bilden sich durch stärkere Wirkungen an einzelnen Stellen Nachrutschungen und zirkusartige Einbuchtungen, deren einzelne bis 60 m breit sind. In ihnen vollzieht sich das gefährdende Vorrücken, das an manchen von diesen Stellen das durchschnittliche Maß von 1 m im Jahre weit übertrifft.

Der Landverlust an der pommerschen Küste durch Frost, Wellenschlag und Sturm ist an besonders ausgesetzten Punkten, wie Arkona auf Rügen, auf 300—400 m in den letzten 100 Jahren geschätzt worden. Ähnlich ist es an der Oie von Greifswald. An weniger freiliegenden

Stellen kann die Einbuße auf 20—200 m angenommen werden. Es ist höchst wahrscheinlich, daß bis zu geschichtlicher Zeit Rügen, speziell Mönchgut, mit dem Festlande durch einen Landstreifen zusammenhing, den die Inseln Oie und Ruden und dazwischen liegende Untiefen bezeichnen, wodurch zugleich der Greifswalder Bodden auf seiner Ostseite gegen die Ostsee abgeschlossen war. Zu Zeugen des Landverlustes dürfen auch jene Steinriffe aufgerufen werden, die der Küste entlang ziehen; und wohl nicht mit Unrecht schreibt man dem „Steinezangen" auf diesen Bänken, das heißt dem Heraufholen ihrer größten Steinblöcke, auch einen Einfluß auf die Angriffe des Meeres gegen die Küste zu.

Merkwürdig ist das landschaftliche Bild dieser Zerstörung. Der Wanderer, der auf dem Küstenabfall geht, z. B. von Warnemünde nach Doberan zu, sieht die Rasendecke an vielen Stellen ohne Stütze hinausragen, in großen Stücken abgefallen oder einfach abwärts abgeknickt, so daß sie aus ihrer horizontalen Lage in die geneigte übergeht. An Rissen und Sprüngen fehlt es in ihr nicht. Die Feldmäuse lieben es merkwürdigerweise, gerade diese vorspringenden, ohnehin unsicheren Rasenstücke zu durchbohren. Die Grenzen der Äcker sind an diesem Rande vollständig ausgelappt. Es dringen an einzelnen Stellen die Sturzwellen tiefer ein, bilden Nischen, vielleicht am stärksten dort, wo Sandeinlagerungen leichter beseitigt werden konnten, während Mergelpfeiler stehen geblieben sind. Auch Höhlen, an der Stelle herausgefallener Steinblöcke eingewaschen, zeigen die Wirksamkeit der Unterwaschung. Man sieht gelegentlich ganze größere Partien der Rasendecke nachgesunken, auf ein tieferes Niveau gebracht. Von oben einmündende Bächlein haben dann ganze Schlammströme hinabgeführt, mit denen Blöcke und Geröll übergossen sind, und die deltaförmig nach dem Meere zu sich verbreiten.

Die Brandung an Marsch- und Sandküsten.

Wenn die Küste so niedrig ist, daß sie mit dem Meeresspiegel fast in gleicher Höhe liegt, oder sogar in einzelnen rückwärtigen Abschnitten unter ihm, und zugleich so flach, daß große Abschnitte diese geringe Höhe beibehalten, dann droht die Zerstörung nicht bloß dem Außenrande, der dem Meer unmittelbar gegenüberliegt, sondern die Wogen schlagen über den Rand hinüber in die zurückliegenden tieferen Teile, die sie unter Wasser setzen, oft unter Durchbrechung des höheren Uferstreifens, worauf dann die Zerstörung von innen und außen zugleich arbeitet und den Außenrand rasch verkleinert und zerstückt. Reste eines solchen Außenrandes sind die friesischen Inseln von Helder bis Jütland (vgl. die Karte „Sylt" bei S. 308); Rest eines alten, tiefer liegenden Hinterlandes ist das Wattenmeer hinter ihnen, wo dem Vordringen des Meeres noch in geschichtlicher Zeit namhafte Landstrecken zum Opfer fielen. Freilich darf man diesen Vorgängen keine zu kurzen Zeitspannen zuweisen, denn die historischen Forschungen zeigen, daß Fanö, Manö, Röm, Jordsand, Sylt, Föhr, Amrum um 1200 schon selbständige Inseln waren. Auch Nordstrand war höchstwahrscheinlich um diese Zeit eine Insel, und die Halligen dürften schon damals mehrere Inseln gebildet haben. Aber noch findet man im Wattenmeere vor der deutschen Nordseeküste Namen, die auf alte Wege deuten, die heute auch bei der Ebbe das Meer bedeckt. So Hoyer-Stig auf Sylt, von wo man einst bei Ebbezeit zu Fuß nach Föhr und Amrum und zu Wagen nach Hoyer gelangte. Noch zeigt man die Lage von Orten westlich von den heutigen Westküsten der Inseln, die das ostwärts wandernde Meer begraben hat. Viel seltener ist der Fall, daß Rinnen im Wattenmeere zu Land geworden sind; ohne Zuthun des Menschen ist das nie geschehen. Daß heute ein gerundetes Vorland in die Nordsee hinaustritt, wo im 17. Jahrhundert Büsum eine landnahe Insel im Wattenmeere war, ist nur eine Folge der Eindeichungen.

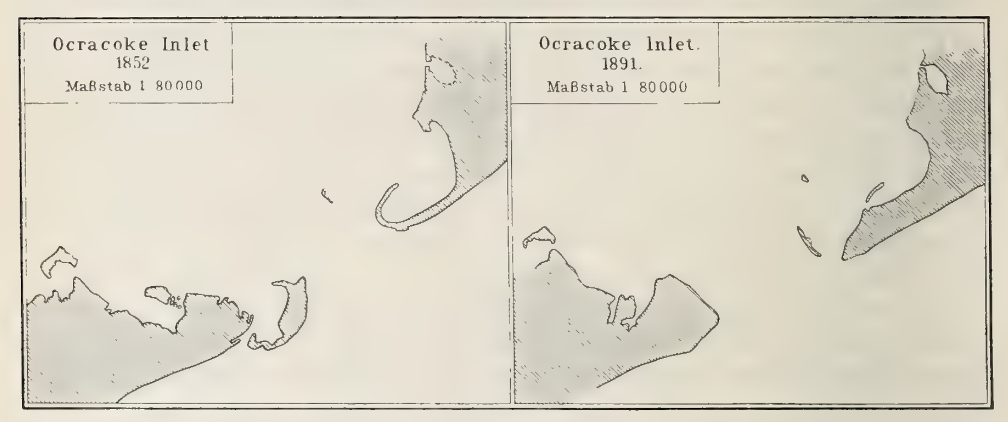
Die Bedingungen für große Einbrüche sind besonders günstig in Deltagebieten, wo in der Regel hinter einem älteren und festeren Landstreifen sehr lockere, vielfach von Wasserflächen durchsetzte Schwemmgebilde liegen. So sind die meisten Inseln im Mississippidelta Trümmer von Dämmen der Mündungsarme des Mississippi. Die Dünenküste der Landes zwischen Gironde und Adour ist der Rest eines alten Deltas von Flüssen der Pyrenäen und des Zentralmassivs. So sind die flachen Inseln vor der Nordküste der Adria Reste eines alten Deltas der Abflüsse der Südostalpen. So können wohl auch jene friesischen Inseln der südlichen Nordsee der Rest eines vorgeschobenen Deltabaues der deutschen Nordseezuflüsse sein. Manche Nachrichten über große Landschaften dieser Art, welche die Sturmfluten verschlangen, mögen übertrieben sein. Aber sicherlich sind nirgends die Bedingungen für die Zerreißung und Ertränkung großer Landflächen günstiger als in den Flußanschwemmungsgebieten, die sich hinter einer schwachen Nehrung rasch ausbreiten, ohne an Höhe und Festigkeit entsprechend zuzunehmen.

Wo das Land hinter diesem zerrissenen Küstenstreifen hoch genug angeschwemmt ist, um bewohnt und angebaut werden zu können, schützt es der Mensch durch Dämme und Schleusen davor, daß es nicht von neuem dem Meere zur Beute wird. Es wird zu Marschland, das mit seinen Netzen von Dämmen und Bewässerungskanälen zeigt, wie alles vom Menschen geordnet und beherrscht ist; jedem Tropfen Wasser hat er seinen Weg gewiesen, jeder Kanal und jeder Deich ist in seiner Breite, Tiefe und Höhe ein notwendiges Organ in diesem merkwürdigen Ganzen, das wie eine sorgsam gehütete Festung dem Meere gegenüberliegt. Aber diese Befestigungsarbeit hat erst im 12. Jahrhundert an der Nordsee begonnen, wo sie sich von den Küsten Hollands aus ost- und nordwärts verbreitete.

Solchen Küsten werden vor anderen die Sturmfluten gefährlich. Von den gewöhnlichen Stürmen, in denen das Meer von einem heftigen Winde gegen die Küste getrieben wird, durch die vorhergehende Stauung großer Wassermassen gegen die Küste unterschieden, die nun erst der Sturm in Bewegung setzt, üben die Sturmfluten vor allem einen gewaltigen Massendruck aus. Wenn die so häufig wehenden Nordwestwinde den Wasserstand in der südlichen Ostsee durch Zufuhr aus der nordwestlichen Ostsee und der Nordsee gesteigert haben und nun noch ein Nordoststurm einsetzt, dann steigt in der südwestlichen Ostsee das Wasser 2 m und noch mehr über den Nullpunkt des Pegels. 1872 erreichte die Wasserhöhe 3 m über Null, den höchsten bis dahin verzeichneten Stand; bei Lübeck kam die Rückstauung der Trave dazu und steigerte die Wasserhöhe auf 3,38 m. In der Kieler Bucht, die groß genug ist, daß der Sturm die hereingetriebenen Massen noch einmal erfassen kann, stieg damals das Wasser auf 3,17 m. Entsprechend treten die verheerendsten Sturmfluten in der Nordsee, die man an der schleswig-holsteinischen Westküste durchschnittlich alle 5 bis 6 Jahre erwartet, dann ein, wenn auf längeres Wehen aus Südwesten, welches große Massen von Wasser aus dem Kanal in die Nordsee geführt hat, West- oder Nordweststurm eintritt, wobei an den deutschen Küsten Wasserhöhen von 4 m über der höchsten Fluthöhe vorgekommen sind. Am 18. Mai 1860 stand das Wasser der Zuidersee 5 m höher am Ost- als am Westrand. Eilker hat von 76 historischen Sturmfluten die entscheidenden Windrichtungen zusammengestellt; er fand in 52 Fällen Nordwest, in 11 Westnordwest, in 6 Südwest. Wenn nun auch der Wasserstand sein Maximum erst erreicht, wenn der Sturm das seine bereits überschritten hat, so tritt doch vielfach bei Sturmfluten der höchste Stand so plötzlich ein, daß die Anwohner trotz der Warnung des vorhergegangenen Sturmes vollkommen überrascht werden. Das hängt eben mit dieser erneuten heftigen Steigerung der im Durchschnitte schon sehr hohen Flut zusammen. Zum Glück ist die Dauer des Höchststandes nur gering; sie betrug 1872 am

Südwestufer der Ostsee zwei Stunden. Die verwüstenden Wirkungen gehen zuerst von dem Massendruck des Wassers gegen die Ufer aus, die an schwachen Stellen durchbrochen werden, wobei Hebungen und Verschiebungen ganzer Moorschichten vorkommen. Dann ist es der Wellenschlag, der das Zerstörungswerk fortsetzt. An Steilufern der Ostsee sind bei Sturmfluten 20 m hoch stehende Gegenstände von den Wellen getroffen worden. Die Wellen unterspülen außerdem die Ufer und führen Einstürze und Nachrutschungen herbei. Endlich sind heftige Strömungen am Werke, die in engen Kanälen und an der Mündung von Buchten die Ufer angreifen und hinter den durchbrochenen Deichen Kolke ausspülen, die nach dem Rückzug als große Teiche stehen bleiben. Man hat einigen derartigen Kolken an der deutschen Nordseeküste die fast unwahrscheinliche Tiefe von 30 m zugeschrieben.

In deichlosen Zeiten konnten diese Sturmfluten in Kürze große Zerstörungen hervorbringen; und die Eindeichungen in großem Stile beginnen erst mit dem Ende des 16. Jahrhunderts.



Änderungen am Ocracoke Inlet, Ostküste Nordkarolinas (Nordamerika). Nach der Küstenaufnahme der Vereinigten Staaten von Amerika. Vgl. Text, S. 391.

Die Sage schreibt den Sturmfluten die Zerstörung der Sitze der Cimbern und Teutonen zu, die infolgedessen auswandern mußten, um eine neue Heimat zu suchen. Daß die großen vlämischen Ostwanderungen des Mittelalters zum Teil durch ähnliche Katastrophen hervorgerufen wurden, läßt uns diese Sage als nicht ganz unbegründet erscheinen. Doch ist auch dabei nicht an eine einmalige gewaltige Zerstörung, sondern an ein Abbröckeln zu denken, dessen Wirkung auf die Bewohner einige rasch hintereinander erfolgende Sturmfluten gesteigert haben mögen. Die Geschichte berichtet allerdings von einigen großen Katastrophen, aber aus Jahrhunderten, deren Berichten noch nicht völlige Glaubwürdigkeit innewohnt. Die großen Verluste des Butjadinger Landes mit dem Untergange der Stadt Mellum im 11. Jahrhundert lassen sich nicht geschichtlich begründen; wir wissen aber, daß dieses zwischen Weser und Jade gelegene Land noch 1825 schwere Verluste erfahren hat. Auch der Untergang eines Landstriches von 3000 qkm in Nordfriesland, von dem nur Pellworm und einige andere Inseln übrigblieben, im Jahre 1240, ist nicht sicher. Am 18. November 1421 soll die Bucht von Biesbosch an der Maasmündung unter Verlust von 72 Kirchdörfern entstanden sein. Die Zuidersee soll ihre heutige Gestalt wesentlich Sturmfluten des 12. und 13. Jahrhunderts verdanken. Der Dollart soll bei seiner Bildung, die bis zu dem Beginn der Deichbauten am Ende des 15. Jahrhunderts fortgedauert haben dürfte, 52 große und kleine Orte, darunter die Stadt Torum, verschlungen

haben. Auch der Jadebusen dürfte durch Sturmfluten entstanden sein; er war, gleich dem Dollart, früher größer als jetzt. Wir können also aus den älteren Nachrichten keine klare Vorstellung von der Größe der Landverluste an der Nordseeküste gewinnen, sondern im besten Falle nur Vermutungen.

Beschränken wir uns auf die Jahrhunderte, aus denen zuverlässige Angaben vorliegen, so bleibt immer noch ein großer Überschuß der Zerstörung von Küstenstrecken über die Neubildungen; diese schätzt Arends für die am meisten gefährdete Süd- und Ostküste von Belgien bis Jütland auf mehr als 3000 qkm. Deutlich lassen uns die Erfahrungen der letzten Jahrhunderte die Küstenstrecken erkennen, die am meisten Verluste erlitten haben und zum Teil noch erleiden. Die Halbinsel Nordholland mit dem Helder, wo wiederholt bedrohte Dörfer landeinwärts verlegt worden sind, die Inseln in der Zuidersee, sämtliche friesische Inseln, besonders die Halligen (vgl. oben, S. 314), dann die nicht durch Inseln geschützte Helgoländer Bucht sind die eigentlichen Verlustgebiete der Nordseeküste. Die sechs holländischen Inseln von Texel bis Rottum haben in den letzten 200 Jahren vielleicht ein Drittel verloren, eine kleine Insel Buise ist zwischen Juist und Norderney, eine Insel Mineroldeoog bei Wangeroog verschwunden. Noch 1825 ist vor Eiderstedt die Insel Köller vernichtet worden. Über die unzweifelhaften Verluste Helgolands haben wir bereits S. 387 gesprochen; vgl. darüber auch S. 396.

Doch gibt es auch eine zweifelhafte Geschichte des Rückganges von Helgoland, bestehend in übertriebenen, nicht beglaubigten Angaben über eine einst viel größere Ausdehnung dieser Insel in geschichtlicher Zeit. Solchen Angaben sind hauptsächlich folgende Thatsachen gegenüberzustellen: Die ältesten Quellen, wie Alcuin, Adam von Bremen und die besseren Karten der letzten drei Jahrhunderte, lassen immer nur eine kleine Insel erkennen. Helgoland hat immer nur ein Kirchspiel gebildet und eine Kirche gehabt. Soweit diese Nachrichten zurückreichen, war das niedrige Land immer schmal, sandreich, unfruchtbar, der Fels war das fruchtbare Land. Getreide ist nur auf dem Oberland gebaut worden. Wohl aber hat die Düne einst mit dem Felsen durch einen Steinwall zusammengehangen, der 1720 durchrissen wurde; seitdem hat sich der Abstand zwischen beiden immer mehr verbreitert. Die Entfernung zwischen dem Unterland, das als Rest der Verbindung anzusehen ist, und der Düne beträgt heute 1200 m bei Hochwasser, die größte Tiefe des Meeres dazwischen bei Springebbe 5 m. Dieses Unterland ist durch Material, welches das Meer von den zerstörten Teilen auswirft, gewachsen, und die ganze Düne scheint vor den Nordweststürmen langsam nach Südosten zu rücken.

Nördlich von der schleswigschen Küste nimmt die jütische Küste an Höhe zu, und die meist gefährdeten tiefgelegenen Marschstrecken treten zurück. Das Meer dringt hier zwischen alten verkitteten Inseln in die „Bredninge“ ein, welche die Nordspitze Jütlands bilden. Noch 1825 ist durch den Durchbruch von Harboöre-Tange der Lümfjord (Lymfjord; s. die Karte, S. 434) zum Sund und der nördlichste Teil Jütlands zur Insel geworden.

Wir sehen auch in anderen Meeren, die von ähnlich flachen und von Natur lockeren Küsten umgeben sind, diese Vorgänge sich wiederholen. Nordamerika ist von Flachküsten aus Schlamm und Sand umgeben von Kap Cod (vgl. die Karte, S. 406) bis zu den Korallenriffen von Florida, und an manchen Stellen ziehen schmale Nehrungen vor diesen Küsten hin und liegen flache Inseln, Reste größerer Schwemmlandbildungen, vor ihnen. An jenen Nehrungen sind Durchbrüche in geschichtlicher Zeit entstanden und vergangen, und von den Inseln ist die namhafteste, Nantucket, von 1846—91 durchschnittlich im Jahr um 0,18 m an der Ostküste und um 1,29 m an der Südküste zurückgewichen. An der Landzunge von Haulover, die den inneren Hafen von Nantucket vom Ozean trennt, ist von 1846—91: 5,5 m tiefes Meer an Stelle der Küste entstanden, so daß ohne Schutzbauten ihre Loslösung als Insel wahrscheinlich ist. Änderungen an der Lagunenküste von Nordkarolina zeigt die Skizze auf S. 390.

Küstenbildung und Strandverschiebung.

Solange eine Küste weder Hebungen noch Senkungen unterworfen ist, bleibt die Wirkung der Brandung auf die gleiche Höhenstufe beschränkt. Die Formen, die sie der Küste aufprägt, liegen dann ebenso notwendig in einer Höhe nebeneinander, wie die Formen des fließenden Wassers auf verschiedenen übereinander. An Felsenküsten ist mit der Ausbildung der Küstenplattform der Brandungsarbeit eine Grenze gezogen, über die sie nur dort hinauszuwirken vermag, wo etwa eine Änderung in der Zusammensetzung des Gesteines eine Bresche schafft. Einstürze unterwühlter Küsten werden die Brandungsarbeit verzögern, indem sie Schutthalden vor die feste Küste legen. Die Brandung wird an den meisten Stellen nur die Plattform bearbeiten, das Kliff nicht erreichen, das der Luft- und Flußerosion überlassen bleibt. Sinkt nun eine solche Küste, so wird die Brandung tiefer ins Land hineindringen können, und man kann bei fortdauerndem Sinken den Moment kommen sehen, wo sie ein ganzes Land abgetragen haben wird. Dabei werden die Hohlformen des Landes die Kanäle sein, in denen das Meer früher eindringt und Teile des Landes in Inseln zerlegt, wie es die Fjordstraßen und Sunde thun. Zahlreiche Buchten der Steilküste und wichtige Meeresstraßen sind nichts als versunkene Thäler. Hebt sich aber ein Land, so wird die Brandung zwar zurückgedrängt, aber es wird ihr auch immer neues Land dargeboten, auf das sie wirkt. Ihre älteren Wirkungen liegen dann, durch Hebung dem Brandungsbereich entzogen, als Strandlinien und Küstenterrassen über der Küstenlinie von heute, während sie auf einem tieferen Niveau ihre alte Arbeit fortsetzt. Die Stirn der Küstenplattform wird zur Küste und die Küstenplattform selbst zur Ebene, die sich langsam zum Meer abdacht, so wie Finnland; Küstenbuchten werden zu Ebenen, so wie die Po-Ebene.

Über den Betrag der Wirkungen der Brandungsarbeit ist viel gestritten worden, seitdem zum ersten Male Pöppig auf die Abrasion als die Folge langsamer Bewegungen einer Küste hingewiesen hat, derselbe, dem wir die ersten genauen Nachrichten über die Hebung und Abrasion der chilenischen Küste verdanken. Man hat der Brandung die Fähigkeit beigelegt, tiefe Buchten auszuwühlen. Aber die Natur lehrt, daß die Brandungsarbeit keine großen Unterschiede der Küstenlinie bestehen läßt, da sie die Küstenvorsprünge immer stärker angreift als die Buchten. Vielmehr zeigen die Ablagerungen, die im Hintergrunde von Fjorden, Rias, Flachküstenbuchten, wie Dollart, beständig stattfinden, daß die Abtragung im Hintergrunde von Buchten von der Ablagerung weit übertroffen wird. Kommen tiefe Buchten ohne Ablagerungen an einer Küste vor, so ist man daher sicherlich berechtigt zu fragen, ob hier Senkung im Gange ist.

An Flachküsten kommen die zahlreichen Belege für örtliche Senkungen durch das „Setzen“ der Küste der Annahme zu Hilfe, daß Senkungen die zerstörende Arbeit des Meeres vielfach erleichtert haben. Das gilt von dem ganzen Zerstörungsgebiete am Süd- und Ostrande der Nordsee. Untermeerische Torflager, Baumreste unter dem Meeresspiegel sind an den Flachküsten der Nord- und Ostsee weit verbreitet. Die darauf hinweisenden scheiben- oder linsenförmig abgerollten Stücke dichten Torfes und halbverkohlten Holzes gehören zu den häufigeren Auswürfen der Nordsee am Strande von Haarlem, auf den nordfriesischen Inseln und kommen auch an der Ostsee vor. Noch im Grunde wurzelnde „Stubben“ kennt man vor diesen Küsten. An der so heftig angegriffenen Küste von Massachusetts kommen versunkene Wälder bis 2 m unter dem heutigen Ebbestand vor. Wo die Anzeichen so verbreitet sind, muß man an eine nicht bloß örtliche Senkung denken. Geht eine solche Senkung sehr langsam vor sich, dann wächst ein Küstenwall oder ein Haken (vgl. S. 404) in dem Maße weiter, als seine Umgebung langsam

unter den Meeresspiegel sinkt, und es entstehen dann Nehrungen und Lagunen nach demselben, S. 342 u. f. entwickelten Grundsatze wie durch Korallenbau Saumriffe und Lagunen.

Die Arbeit der Gezeiten an den Küsten.

Die Bedeutung der Gezeiten für die Küsten liegt einmal darin, daß in Meeren mit starken Gezeiten die Wellen absolut größer sind, und daß die Gezeiten den Bereich der Wellenwirkungen vergrößern um den Betrag der Fluthöhen, die Küstenzone überhaupt verbreitern. Dann liegt ihre Bedeutung aber weiter in den Gezeitenströmen. Die Gezeiten sind ursprünglich eine Bewegung des Meeres im vertikalen Sinne. Das Wasser hebt sich bei der Flut und fällt bei der Ebbe. Aber weil die dadurch hervorgerufenen Höhenunterschiede nicht gleichzeitig und gleich stark auftreten, entwickeln sich horizontale Bewegungen, also Ströme. Das sind die Gezeitenströme, deren Stärke abhängig ist von der Flutgröße oder dem Abstande zwischen Hoch- und Niedrigwasser, und die nur zur Ruhe kommen im Momente des Hochwassers (Stauwasser) und im Momente des Niederwassers, die beiden Fälle, wo der Seemann vom Kentern, d. h. dem Umkehren des Stromes, spricht. Unter günstigen Verhältnissen, in trichterförmig und flach zulaufenden Meeresbuchten, erreicht die Geschwindigkeit dieser Strömungen 11 Knoten, wie beobachtet in der Pentlandföhrde (Schottland), 11½ im Trichtergolf von Hangtschou (südlich von Schanghai). Zwischen den Inseln der Magalhãesstraße erreichen die Gezeitenströme bis zu 4,5 m Geschwindigkeit in der Sekunde. Zum Vergleiche sei erwähnt, daß der Rhein zur Zeit des Hochwassers bei Koblenz 1,95 m in der Sekunde zurücklegt.

Die Bedeutung dieser Strömungen für die Küstenbildung liegt darin, daß sie den Bereich der Brandungsarbeit in das Innere von Buchten und Sunden sowie nach der Tiefe zu ausdehnen, und in der Transportkraft, mit der sie besonders vor inselreichen Küsten ausgestattet sind, wo die Zusammendrängung ihre Geschwindigkeit erhöht. Ohne Frage bewirken diese Ströme bedeutende Umsetzungen von Stoffen der Küstenregion. Sie verändern den Meeresboden in der Nähe der Küsten und ganz besonders in Buchten und Mündungen, die das Meer in das Land eingreifen lassen, ferner in schmaleren Meeresstraßen, überhaupt überall da, wo eine Verschmälerung der Rinne eintritt, durch die der Gezeitenstrom seinen Weg zu nehmen hat.

Betrachten wir Tiefen- und Bodenverhältnisse einer Einbuchtung von sehr wechselnder Breite, wie der Fundybai (Neubraunschweig), die an einigen Stellen 25, an anderen 3 Seemeilen breit ist, so finden wir die größten Tiefen an den schmalsten Stellen und ebenda nicht Sand und Schlamm, die sonst so gern den Boden der geschützten Buchten erfüllen, sondern blanken Felsboden. Aber wir sehen auch die Stärke des Gezeitenstromes von 1½ auf 8 Knoten wachsen. Ähnliches zeigt die Pentlandföhrde. Das Gleiche finden wir an den friesischen Inseln, die ohne die Wirkung der Gezeitenströmungen sich längst zu langen Nehrungen ausgestreckt haben würden. Aber zwischen ihnen in den Seegats, den sie trennenden Meereskanälen, haben die Gezeitenströme ihren Lauf und haben sich dort Rinnen ausgebaggert von einer Tiefe, wie sie in der näheren Umgebung nicht wieder vorkommt. Nördlich von Sylt haben wir eine Tiefe von 34 m, das ist eine Tiefe, die erst draußen in der Nordsee über 30 Seemeilen weiter westlich wieder vorkommt; vgl. die Karte „Sylt" bei S. 308. Wo ein Gezeitenstrom, dessen Geschwindigkeit durch Einengung vergrößert war, sich plötzlich ausbreitet, verliert er an Geschwindigkeit und läßt einen großen Teil seiner festen Stoffe fallen, daher die angeschwemmten Bänke vor der Ausmündung enghalsiger Buchten: Gezeitenbarren. Solchen Ursprunges sind die Bänke, welche die 18 m tiefe Madurastraße (Java) auf beiden Seiten absperren, eine vom Flutstrom, die andere vom Ebbestrom gebaut.

Neben den Wirkungen der Gezeitenströme kommen die der großen Meeresströmungen kaum mehr in Betracht, denen man früher einen großen Teil der alten Thalbildungen der Festländer zuschrieb. Wir wissen jetzt, daß sie mächtige, aber höchst langsame und nur an der Oberfläche an wenigen Stellen beschleunigte Bewegungen sind, deren mechanischer Effekt höchstens in einigen Meeresstraßen, wie der von Florida oder Mosambik, merklich werden kann.

Wirkung der Winde auf die Küste. Der Küstenstrom.

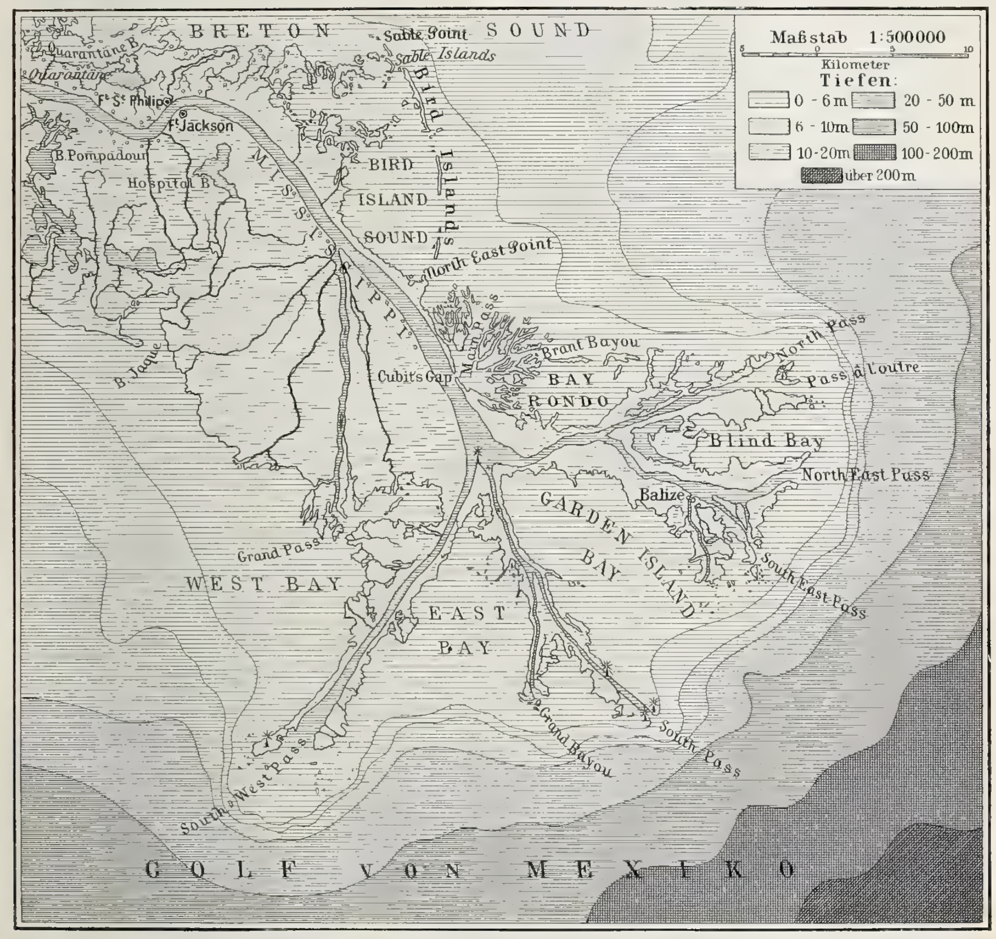
Wenn derselbe Sturm die Brandung gegen die Küste treibt und zugleich endlose Regengüsse über das Land schüttet, so daß die anschwellenden Flüsse tiefer in die Küste einschneiden, sehen wir große Wirkungen der Winde, der bewegten Luft vor uns. Dazu kommen noch andere, weniger stürmische. Die Wirkung der Winde auf die Küste vollzieht sich auch in dem unmittelbaren Transport von Sand und Staub und der damit zusammenhängenden Dünenbildung, die Sandwälle dem Meer entgegenschiebt oder in anderer Richtung Sand einwärts trägt und dadurch die Küste schwächt. Die Dünen sind zwar häufig die besten Dämme gegen die Fluten, und ihre Befestigung bildet eine Hauptaufgabe des Küstenschutzes, aber eine Dünenküste ist ständigen Veränderungen durch Wind und Wellen unterworfen. Wo regelmäßige Strandmessungen vorgenommen werden, beobachtet man Jahresschwankungen der Dünenküsten um 5—6 m. Wo der Wind Flugsand in Menge findet, überschüttet er breite Strecken und läßt die Lagunen landeinwärts wandern, indem er sie vom Meere her zuschüttet. Der Dünengürtel des Landes ist 5 km breit, und der Raum zwischen dem Meer und den Lagunen ist durch landeinwärts wandernden Sand allmählich auf 10 km angewachsen. Weit darüber hinaus übt der Landwind Wirkungen auf das Küstenwachstum aus. Hat er Staub oder Sand zur Verfügung, so trägt er ihn ins Meer hinaus, von wo kein Staubteilchen mehr wiederkehrt. Die ganz ungewöhnliche Flachheit des Meeresbodens der Bucht von Petschili führt auf die Staub- und Schlammzufuhr aus dem Lößhinterland, in einem Gebiet vorwiegender Nord- und Nordweststürme, zurück.

Regelmäßige und dauernde Winde häufen durch den regelmäßigen Seegang, den sie bewirken, Schwemmstoffe in flachen Meeren in den Richtungen auf, nach denen sie wehen. Ändert sich diese Richtung, so wird das Werk zerstört, und es gibt Küstengebilde, die mit den Winden schwanken. Was die sommerlichen Ostwinde am Mississippidelta (s. die Karte, S. 395) an schön gebogenen Schwemminseln gebaut haben, zerreißen die Nord- und Nordweststürme, die rechtwinkelige Öffnungen in die langen Inselstreifen brechen. Da aber die Ostwinde überwiegen, bleibt dann doch in der Gesamtanlage des Mississippideltas manche Spur dieser Ostwinde übrig.

Der Wind, der parallel oder in spitzem Winkel zu einer Küste weht, erzeugt eine Wasserbewegung der Küste entlang, einen Küstenstrom, den man von den Küstenströmungen wohl unterscheiden muß. Eine solche Bewegung, wenn auch in schwächerem Maße, entsteht auch im Rückstrom gegen eine an der Küste vorbeigehende Meeresströmung. Man hat nun gerade diese Küstenströmungen als ein bequemes Mittel benutzt, um die Verschlammungen und Versandungen der Küste entlang zu erklären. Die Schwierigkeiten bedachte man nicht, die ein Transport auf größere Entfernungen hin finden muß. Dafür wurde der in der Technik längst gewürdigte Küstenstrom in seiner Bedeutung unterschätzt. Die Wirksamkeit des Küstenstromes ist im einzelnen klein, im ganzen groß und weitreichend. Er entsteht wohl aus zahllosen kleinen Wellen, die aber eine zusammenhängende Bewegung über weite Strecken bewirken. Die Welle kommt in der Regel nicht rechtwinkelig auf den Strand zu, sondern in einem mehr oder weniger spitzen Winkel. Und ebenso geht sie auch beim Rücklauf nicht in kürzester Linie, sondern wiederum

schräg. Das Ergebnis ist, daß die von der Welle transportierten Massen eine Reihe von Zickzacklinien und im ganzen einen Weg zurücklegen, der parallel dem Strande geht, bis sie irgendwo zur Ruhe kommen. Dabei kann man annehmen, daß zum Transport feinen Seesandes die Welle noch eine Geschwindigkeit von 10—20 cm in der Sekunde haben muß.

Unterstützend wirken allerdings die Küstenströmungen auf diese seitliche Bewegung ein, um so mehr, als der Wind beiden die gleiche Richtung erteilt. Aber die Küstenströmungen leisten weit



Die äußerste Spitze des Mississippi-Deltas. Nach der Seekarte der Vereinigten Staaten von Nordamerika. Vgl. Text, S. 394.

weniger Arbeit als die schräg auflaufenden Wellen. Da Küstenströmung und Küstenstrom nicht immer gesondert werden können, wollen wir ihre Arbeit als Küstenversetzung zusammenfassen. Die von ihnen bewegten Massen, die nach starken Stürmen oft gewaltig sind, bezeichnet der Wasserbau als „Wandersände“. Natürlich können diese Bewegungen nur ungehemmt vor sich gehen, solange die Richtung der Küste dieselbe bleibt. Jede Änderung des Küstenverlaufes bringt mit verstärkter Ablagerung eine Hemmung mit sich. Daher die Ablagerungen in Form vorspringender Hörner, wo die Küste einen Winkel macht. Je nach der Lage der Küste zu den vorwaltenden Winden wird die Küstenversetzung vorwiegend als Transport oder als Ablagerung

erscheinen. Damit aber der Küstenstrom sich voll entwickeln kann, muß vor der Küste ein nicht zu seichtes Meer liegen. Geradlinig glatt abschneidende Küsten, wie an der Ostseite Floridas, entstehen daher nur, wo einem tiefen Meer eine Schwemmküste gegenüberliegt, die gleichmäßig nach dem Meere abfällt.

Vor den Winden schwanken die Küsten; vor vorwaltenden rücken sie stetig zurück, mit jahreszeitlich wechselnden wechseln sie Lage und Gestalt. Die Seite des vorwaltenden Windes ist an allen Küsten an den Zeichen der stärkeren Brandungsarbeit kenntlich. An Korallenriffen ist der Riffrand durch die angeschwemmten Trümmer der Korallenfelsen dicht, felsenhaft auf der Windseite, schmäler, zerklüfteter auf der Leeseite. Zugleich ist hier der Fuß des Riffes breit auf der Windseite, steil, oft selbst überhängend, auf der Leeseite. Indem er dort die heftigste Brandung abhält, erlaubt er dem Riff, langsam vorzudringen. Vgl. oben, S. 339. Die Westseite ist in unserem Klima an Sandküsten durch die frischen Abbrüche der Dünen, an Schutt- und Schichtgesteinküsten durch die Spuren häufiger Abbrüche und Einstürze ausgezeichnet. Vom Helder bis nach Sylt gibt es wohl keine Nordsee-Insel, die nicht von ihrem Westgestade verloren hätte. Die Verlegungen von Dörfern, Kirchhöfen, Kirchen in östlicher Richtung sind ganz allgemein. Wie sehr auch die Senkung des Bodens mitgearbeitet haben mag, so hat man doch das Recht, zu sagen: Die Nordsee ist vor dem Westwind ostwärts gewandert. Das Kap Ferret bei Arcachon ist in den 40 Jahren zwischen 1786 und 1826: 5 km gegen Süstosten vor denselben vorwiegenden Nordwestwinden verdrängt worden. Wenn wir auf der anderen Seite des Atlantischen Meeres die Vorsprünge von Hatteras, Fear und Lookout alle gleichmäßig nach Südosten zu geneigt und gerundet finden, erkennen wir eine ähnliche Wirkung des von vorwaltenden Nordwestwinden bewegten Meeres.

An den ostafrikanischen Küsten überwiegen ähnlich die Wirkungen der Monsune. Indem der Nordostmonsun Sandbarren vor der Mündung des Tana baute, zwang er diesen, in eine Strandlagune zu münden, die er dann durch Auffüllung in einige Seen zerlegt hat. Von der Art, wie Küsten wechselnden Tropenwinden gehorsam folgen, erzählt Hague ein interessantes Beispiel. Bakers Eiland ist im zentralen Stillen Ozean nahe dem Äquator gelegen in 176° 23′ westl. Länge, sein westlich gekehrtes Ufer zieht steil nach Nordnordosten, sein südliches nach Ostnordosten. Wenn nun im Sommer Wind und Wellen von Südosten kommen, häuft sich der Sand an der westlichen Seite an, während, wenn der Wind aus Nordnordosten weht, derselbe nach der Südseite hinüberwandert; in beiden Fällen bildet er ein Plateau von 60—100 m Breite. Vom Oktober bis Februar ist daher die Insel im Süden, vom März bis September im Westen breiter. Neutral bleibt nur eine Vorragung am Südwestende, wo die beiden Küstenlinien zusammentreffen.

Indem vorwaltende Winde der Küstenversetzung eine bestimmte Richtung aufprägen, wandern Schlamm und Sand von einer Stelle weg und kommen an einer anderen zur Ruhe; ein Teil geht auf der Wanderung verloren. Die Küste der Insel Nantucket (Massachusetts) verliert jährlich im Durchschnitt von 0,18—1,4 m, und wächst an geschützten Stellen um 0,2 m. Keine günstige Bilanz! Sicherlich gewinnt auch die Westküste der Normandie nur einen kleinen Teil dessen durch den Küstenstrom wieder, was die Nordküste der Bretagne verliert.

An Sandküsten, deren Material keine weiten Wanderungen macht, ist der Ersatz des Verlustes oft gleich nach dem Sturme zu erkennen, und man sieht mehr Verlagerung als Zerstörung vor sich. In dem Sturme vom 22. zum 23. Dezember 1895 erlitt die West- und Nordseite der Helgoländer Düne schweren Schaden, während an der Südseite der Boden um den dort angeschwemmten Sand erhöht, manche Unebenheit ausgeglichen und entschieden eine größere Sicherheit gewonnen wurde. An anderen Stellen war

zwar das Ufer angegriffen, aber der Sand vor demselben wieder abgelagert worden. In einem bald nach dem Sturm erstatteten Berichte hieß es: „Bei genauer Untersuchung der Gesamtverhältnisse stellt sich unwiderleglich heraus, daß das ganze Vorufer der Düne, sowohl die West- als auch die Ostseite derselben, an Ausdehnung und Höhe nicht unwesentlich gewonnen hat, die verschwundenen Sandmassen nur ihrer Lage nach sich mehr oder weniger verändert haben und in Wirklichkeit dagegen nicht allzu viel verloren gegangen ist. Da nun für die Erhaltung der Düne alles von einem ausgedehnten und möglichst hohen Vorufer abhängt, so dürfen wir mit Recht uns dieser Thatsachen freuen, mit Vertrauen der Zukunft entgegensehen, unter der Voraussetzung, daß wir in unserem bisherigen Bemühen fortfahren, durch Ansammeln des Flußsandes zurückzugewinnen, was an Massen verloren gegangen ist, und in diesem unserem Streben nicht erlahmen."

Die Anschwemmung kann aber der Abspülung der Küsten, der Neubau dem Einreißen auf die Dauer nicht das Gegengewicht halten. Was in die Meerestiefe versinkt, kommt erst in undenkbar fernen Zeiten wieder einmal dem Lande zu gute. Nur was die Flüsse aus dem Inneren der Länder bringen, ersetzt an einzelnen Stellen den Brandungsverlust.

Die Küstenablagerungen.

Die Küsten sind nicht bloß Schauplatz der Zerstörung, sondern sie sehen auch Neubildungen. Man könnte gegen die Anwendung des Wortes Zerstörung ähnlich wie bei der Erosion (s. S. 533) den Einwurf erheben, daß es sich nur um Verlagerung handle, da die Baustoffe der Küste zwar fortgetragen werden können, aber an irgend einer Stelle wieder abgelagert werden müssen. Indessen wäre das in diesem Falle nur ein Streit um Worte, denn was an der Küste löslich ist, geht ihr durch die Brandungsarbeit sicherlich für lange verloren. Ein baldiger Ersatz ist nur in der Sedimentierung und in der Verminderung der Transportkraft des Wassers durch Reibung zu suchen, wodurch frühzeitig Wiederablagerung stattfindet.

Wenn feste Stoffe, die in süßem Wasser in feinem Zustande zerteilt sind, mit Salzwasser zusammentreffen, fallen sie nicht bloß wegen Abnahme der Geschwindigkeit zu Boden, sondern es spielen dabei auch chemische Vorgänge mit, indem bei sonst gleichen äußeren Bedingungen Salzwasser weniger Schlamm suspendiert halten kann als Süßwasser, und bei höherer Temperatur weniger als bei niederer. Daher fast allgemein Inselbildung bei der Mündung der Ströme und Flüsse ins Meer, Inselbildungen, die sich bis zu Deltas verdichten. Allerdings ist der unmittelbare Beitrag der Flüsse zu dem Neuland der Küste gering. Arends hat geschätzt, daß vom ostfriesischen Marschland nur 1/132 durch die Flüsse gebildet worden sei. Ursprünglich haben aber doch die Flüsse den Schlamm gebracht, den die Fluten neu aufrühren und dem Lande zutragen, wobei diese nach Messungen vor der Elbmündung fünf- bis sechsmal soviel feste Bestandteile bei heftigem Nordwest wie bei Windstille enthalten.

Konzentriert sich nun auch diese Niederschlagsbildung auf die Mündungsgebiete schlammführender Flüsse, so bleibt doch die Wirkung der Flüsse auf die Küste nicht ganz bei der Deltabildung in den Flußmündungen stehen. Küstenströmungen tragen Schlamm seitwärts an der Küste hin, auch Schlamm, der aus der Zerstörung einzelner Deltateile herrührt; in wasserreichen Ländern kommen unzählige kleine Rinnsale dem Meere zugeflossen, und jeder Sturzregen trübt das Küstenwasser. So bilden sich Schwemmlandstreifen, die vielleicht mehrere Flußmündungen miteinander verbinden. Wasserreichtum des Landes und auflandige Winde des Meeres, ruhige Meeresteile hinter einem Inselkranz oder einer Nehrung begünstigen solche Bildungen und erzeugen potamogene Küsten, die wesentlich aus dem Schutt und Geröll der Flüsse bestehen.

Eine typische potamogene Flachküste dieser Art ist die Javas zwischen Kap Sankt Nikolaus und Tjscheribon, 300 km lang mit zahlreichen vorspringenden und untereinander verbundenen Deltas: Hohe

Berge, reichste Niederschläge, Nordwestmonsun und endlich noch Hebung verbinden sich hier zu gemeinsamer Arbeit. Dabei macht sich der nachgiebige Charakter des Küstenstromes allenthalben geltend. Wo gerade Küstenlinien mit Lagunen und umgebogenen Flußmündungen auftreten, braucht man nur nach dem vorwaltenden Wind und dem Küstenstrome zu fragen, um letztere zu verstehen. An der genannten Südküste Javas biegen die Flüsse vor der Ausmündung westlich um, und ein sehr gerader Küstenstreifen wird unter dem Einfluß des vom Südostpassat hervorgerufenen Küstenstromes gebildet. An der Küste von Süd-karolina treten kleinere Flüsse mit schwachem Gefälle ins Meer, sie verflachen sich vielfach und zerteilen den Küstensaum in mehrere Reihen hintereinander liegender Inseln, die „Sea Islands“. Es ist dies auch ein deltaähnlicher Küstensaum, aber ohne die starke ausgleichende Mitwirkung eines starken Küstenstromes.

Je mehr Reibung die Bewegung des Wassers an der Küste zu überwinden hat, um so mehr überwiegt die Anlagerung über die Abtragung. Jede Hemmung der Bewegung, jede Stauung des Wassers veranlaßt Niederschläge fester Stoffe. Die kraftlos gewordene Welle läßt Sand und Staub vor dem Ufer fallen. Ebendorthin tragen die Flüsse und Winde aus dem Lande Sand und Staub und lagern sie ebenfalls vor dem Ufer ab. Daher die für die Häfen so gefährlichen Verschlammungen und Versandungen der Buchten. Selbst die Kieler Föhrde hat von 1881—95: 0,47 m an ihrer mittleren Tiefe von 10,56 m verloren; dazu trug allerdings der Bau des Nordostseekanals bei.

Ablagerungen parallel zur Küste entstehen in folgender Weise: indem jede Welle eine Parabel vor der Küste beschreibt, kommen die Scheitel unzähliger Parabeln in eine Linie zu liegen. Die Transportkraft einer Welle ist aber an ihrem Scheitel am geringsten, sie läßt also hier ihre mitgeführten Sand- und Schlammkörner liegen. Wo der Küstenabfall gleichmäßig ist, da bilden sich auf sehr weite Strecken hin geradlinige oder leicht gebogene Küstendämme von gleicher Breite, Höhe und Zusammensetzung, Nehrungen, Lidi. In derselben Weise wie diese Streifen bauen Schwemmstoffe, die in das Meer aus dem Inneren des Landes durch die Flüsse getragen, durch die Brandung losgelöst und zurückgeschwemmt, oder durch Küstenströmungen von einem Punkte der Küste zu einem anderen gebracht werden, auch Inseln vor den Küsten seichter Meere. Diese Küsten bieten immer einen Teil des Materials solcher Inselbildungen, jedenfalls aber die Grundlagen für den Inselbau, und so knüpft ein doppeltes Band die Schwemminseln an die Küste. Deshalb sind fast alle Schwemminseln Küsteninseln von nehrungsähnlichen Umrissen: Nehrungsinseln. Es ereignet sich auch, daß dieselben aufbauenden Kräfte weiter arbeitend Inseln zu Nehrungen verbinden, und man kann vielleicht von den meisten Nehrungen annehmen, daß sie so entstanden sind.

Es ist ein Irrtum, zu glauben, daß Nehrungen nur Gebilde von gestern seien. Die Kurische Nehrung hat einen diluvialen Untergrund und zeigt in Torflagern aus dem nordischen Moose Hypnum turgescens, die heute Sand bedeckt, daß sie einst ein anderes Klima hatte. Auch Beweise für Grundschwankungen, die vielleicht in eine noch fortdauernde Hebung ausliefen, liegen vor, so daß die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, daß die Lagune, das Haff das Erzeugnis von Einsenkungen und Einbrüchen ist, die hinter dem widerstandskräftigeren Walle stattfanden, der sogar weiterwachsen konnte, wenn auch seinen Boden die langsame Senkung ergriffen hatte. Eine Nehrung in einem Senkungsgebiet würde also in ähnlicher Weise vor ihrer sinkenden Lagune weiterwachsen, wie das Saumriff vor der Rifflagune.

Die Wachstumsstufen des Landsaumes liegen in solchen Küsten wie die Ringe am Baumstamm neben- und übereinander. Die Wellenbewegung verrichtet eine Aufbereitung des Küstenschuttes und sichtet ihn nach Größe und Schwere. Wo alle Größen vom Felsblock bis zum Sandkorn vertreten sind, liegen die von den größten Sturmwellen bewegten Blöcke oben, unter

ihnen folgt grober Kies, dann folgt der feinste Sand, und schon in der Brandung liegt wieder ein Streifen grober Kies. Besteht also die Küste aus Kieseln und Sand, dann liegt immer hart am Meere der beständig gerollte Kies, an dessen Zertrümmerung das Meer noch arbeitet.



Laminarien in der Nordsee. Vgl. Text, S. 400.

Mit dem dumpfen Ton der Brandungswelle hört man das ihm nachfolgende zischende und reibende Geräusch des rollenden Kieses wechseln, den die zurückströmenden Wellen die Uferböschung mit hinunterziehen. Darüber liegt der feste, von der Welle zusammengepreßte und durchfeuchtete Sand. An dessen oberer Grenze liegt der äußerste Auswurf des Meeres, der beim Höchststand der Flut so weit gelangt ist: Steinchen, Algen und Muscheltrümmer; darüber hinaus der

trockene lose Sand der Dünen, den die Wellen nicht mehr erreichen, der das Spiel des Windes ist. Nur in die tiefsten Schichten der Dünen dringt das Meerwasser ein. Die am weitesten meerwärts vordringenden Landpflanzen wachsen in den feuchten und geschützten Furchen dieser vom Winde gemodelten Sandhügel.

Pflanzen als Küstenbauer.

Mitten in der Arbeit der Brandung und der Einbrüche schafft das Leben am Weiterbau und Wiederaufbau der Küsten. Überall zerstört die Brandung, im Korallenriff baut sie gleichzeitig auf, und die Sturmflut, die die Dämme zerreißt, hinterläßt einen Boden, der fruchtbarer ist als der, den sie wegnahm. Wir haben von der Arbeit der Korallen und anderer Tiere an den Küsten gesprochen (vgl. S. 327 u. f.); betrachten wir nun noch die Leistung des Pflanzenlebens.

Die Pflanzenwelt nimmt teil an der Schwemmküstenbildung durch Wasser- und Sumpfpflanzen, die einmal selbst Material zum Aufbau liefern, und außerdem mechanisch die Ablagerung von Sand und Schlamm befördern, indem sie die Bewegung des Wassers hemmen. Zuerst waltet die mechanische Thätigkeit vor; indem diese nun immer mehr Boden bildet, vermehren sich die Bedingungen des Pflanzenwuchses, und das organische Wachstum trägt nun immer mehr selbst zur Küstenbildung bei. Jentzsch schildert, wie im Weichseldelta bei 1,5—2 m Wassertiefe Binsen (Scirpus maritimus) den Sand sammeln, wie auf diesem bei 0,5 m Wassertiefe das Rohr wächst, das, mit dem Heraufwachsen des Bodens sich verdichtend, immer mehr fähig wird, Schlamm aufzusammeln. Tritt nun der Boden eben aus dem Wasser, da kommen die Sumpfpflanzen (Eriophorum und andere), und nun entstehen die Bedingungen der Moorbildung. Die durch ihren Reichtum an Phragmites ausgezeichneten Moore von 3—4 m Mächtigkeit treten ans Meer heran, besonders an Flußmündungen, z. B. an der Mündung der Peene, und überragen den Meeresspiegel oft um 30—40 cm. Wo nicht Dünen ihnen schützend vorgelagert sind, sind sie daher dem Abbruch durch die Brandung ausgesetzt. Gerade im Weichseldelta zeigt uns manches Werder im Uferdurchschnitt braunen, humusreichen Boden, und gesenkte, verschüttete Moore sind hier keine Seltenheit. Die Küsten der Ostsee sind an manchen Stellen reine Torfküsten. Im Wattenboden folgen auf die erste Vegetation grüner Algenfäden die Salzkräuter, die dem Boden Salze entziehen und ihn für den Graswuchs vorbereiten; dessen Gedeihen aber befördern die Sturmfluten, indem sie ihn mit ihrem schlammbeladenen Wasser überrieseln, das viel langsamer abfließt, als es gekommen ist, und den größten Teil seiner Schwemmstoffe niederschlägt.

Die Tange und Algen der Küstenregion schützen die Gesteine gegen den Wasseranprall. Einmal umpanzern sie diese auf der Wasserseite, wo sie Angriffe zu erfahren haben, und dann vermindern sie die Kraft der Brandungswellen. Die größten Wellen beruhigen sich, indem sie durch die langen Stengel und Blätter der Seetange (s. die Abbildung, S. 399) wandern, und lange vor dem Ufer ist ihre Kraft gebrochen. Eisumgürtete Küsten werden rascher zerstört, da das Treibeis die untermeerische Pflanzendecke abreibt. Unter den Tieren sind besonders die Cirripedier (Schalenkrebse), durch ihre panzerartig dichten Kolonien ein wesentlicher Schutz der Küsten. Arktische Küstenstrecken empfangen durch die Mitarbeit des Treibholzes an ihrem Aufbau ihren Charakter; subpolaren Küsten prägt das reiche Tierleben einen besonderen Stempel auf. Wo Stejneger an mehreren Stellen der Küste der Beringsinsel etwa 10 m über dem Meere sehr reiche Knochenablagerungen gefunden hat, die sich hart am Meere gebildet haben müssen, also für Hebung sprechen, könnte man sogar von einer Knochenküstenterrasse sprechen.

Viel energischer wirkt in dem einen wie dem anderen Sinn und außerdem noch durch ein reiches Tierleben unterstützt das Pflanzenleben an der Küstenbildung an tropischen Meeren mit. Bei uns wachsen nur vergängliche Gräser und Kräuter im Wasser, in den Tropen wandert Baum- und Strauchwuchs der Mangroven und verwandter Pflanzen in das Meer hinaus und zwar so weit, daß selbst zur Ebbezeit das Meerwasser noch seine Wurzeln bespült (s. die untenstehende Abbildung). Die Verbindung zwischen dem Meer und dem Pflanzenwuchs wird hier sehr eng. Das Wachstum des Mangrovebodens, das dem Wasser nachgeht, indem die Mangroven



Mangrovewald an der Küste von Kaiser Wilhelms-Land. Nach Photographie.

absterben, wenn der abgelagerte Schlamm ihre Wurzeln bedeckt, zeigt ein Abwärts- und Auswärtswandern dieser Pflanzen mit dem Wasserniveau, was ein entsprechendes Hinauswachsen der Küste bedeutet. Schon in den Küstenumrissen spricht sich dieses Wachstum aus. Die vom Meere bewegten Teile des Kamerundeltas sind glatt umrandet, die rückwärts gelegenen, von Mangroven umsäumten haben wechselndere Gestalten (s. die Karte, S. 403). Im allgemeinen sind den Küstenlinien, an denen Pflanzen oder Tiere bauen, die Merkmale des Heranwachsens aus kleinen Sonderelementen eigen.

Die Flachküste als Werk des Meeres.

Je flacher das Land an das Meer herantritt, desto geringer ist der Einfluß des Landes auf die Küstenbildung, desto mehr ist die Küste ein Werk des Meeres: flach, beweglich, von Wellen und Strömungen gezeichnet, bald gebildet und rasch wieder zerstört. Desto treuer spiegelt dann der Landumriß die Tiefenlinien des Meeres wider. Die Eigentümlichkeiten liegen darum

einmal in der Art, wie die Neubildungen sich aneinanderlegen, und zum anderen in der Art, wie sie durch die Zerstörungskräfte des Meeres wieder getrennt und zerklüftet werden. Die einfachste Form dieser Bildungen haben wir in der Watten- und Marschküste: zwischen flaches Land und seichtes Meer legt sich ein breiter Streif von flachen und seichten Küstenbildungen, der je nach dem Gang der Gezeiten bald vom Meer bedeckt ist, bald trocken liegt. Das angrenzende Land zeigt, daß es aus solcher Küste entstanden ist, und der angrenzende Meeresboden zeigt, daß er im Begriffe steht, solche Küste zu werden. Wir sehen also den Wachstumsprozeß in allen Stadien von außen nach innen fortschreiten, wie in den Jahresringen eines Baumstammes. Wir sehen diese Gliederung parallel zur Küste in den Sand- und Kiesstreifen wie in den Marschen. Derartige Wachstumsspuren finden sich an der Steilküste nicht. Nur für die Flachküste ist in solchem Maße Übergang und Vermittelung das Merkmal der Berührungszone von Land und Meer; auf sie ist daher der Name amphibische Bildung mit besonders großer Berechtigung anzuwenden. Wattenmeere und Flutsümpfe sind von Anwehungen und Anschwemmungen wandernden Sandes und Schlammes durchzogen, ihre Lage ist durch Wind und Welle bestimmt. Daher auch die Häufigkeit der Parallelrichtungen zwischen Nehrungen, Dünenwällen, Haffen, Küstenflüßchen. Noch mehr Beachtung verdient der Parallelismus der Linien gleicher Meerestiefe mit Flachküstenumrissen. Die Tiefenlinien vor der Ostküste Floridas (vgl. die Karte, oben bei S. 375) laufen vollkommen parallel der fast geradlinigen, 500 km langen Nehrungsküste: ein großes Beispiel von Regelmäßigkeit in der Entwickelung der Flachküsten. Allerdings ist dieser Parallelismus nur so lange vollkommen, als die Küste ihre Richtung behält. Sobald sie eine Biegung macht, wird auch die Tiefenlinie durch angesetzte Ablagerungen hinausgeschoben.

Selten geht das eigentliche feste Land ohne Grenze aus diesen Küstenbildungen hervor. Die Regel ist, daß es hinter der unbestimmten Grenze der amphibischen Küste zwischen Land und Meer noch eine zweite, bestimmtere Grenze zwischen den Küstenbildungen und dem eigentlichen festen Lande gibt, das vom Meere auch in Sturmfluten höchstens noch bespült wird. In unseren Nordseeländern setzt man daher die Marsch (s. die beigeheftete Tafel „Marschenlandschaft in Nordfriesland") der Geest entgegen. Die Geest ist das höhere, festere und meist viel ältere Land. Das Marschland ist an die Geest „angeschlickt" und zum Teil auch um erhöhtere Punkte herum gebildet worden. Die Marsch war früher Watt (vgl. S. 407), das zeigt die Zusammensetzung und Schichtung ihres Bodens. Noch sind die vielgewundenen Wattenkanäle in manchem trägen Marschgewässer zu erkennen.

An wenigen Punkten tritt die Geest unmittelbar an das Meer heran. Daher ist auch von der Geest an der deutschen Nordseeküste nur ein kleines Stück abgebröckelt: jenes, das bei Schobüll (Schleswig) unmittelbar an die Nordsee anstößt. Das Marschland aber umzieht die deutsche Nordseeküste von Hoyer bis zum Dollart und bedeckt vom Kanal bis Jütland wohl einen Raum, der den des Königreichs Württemberg noch übertreffen dürfte. Die untere Elbe fließt in einer Marschbucht von 25 km Breite, und die südlichste Marsch auf deutschem Boden liegt 7 km unter Bremen.

Die Ausgleichung der Flachküstenumrisse und die Küstenbogen.

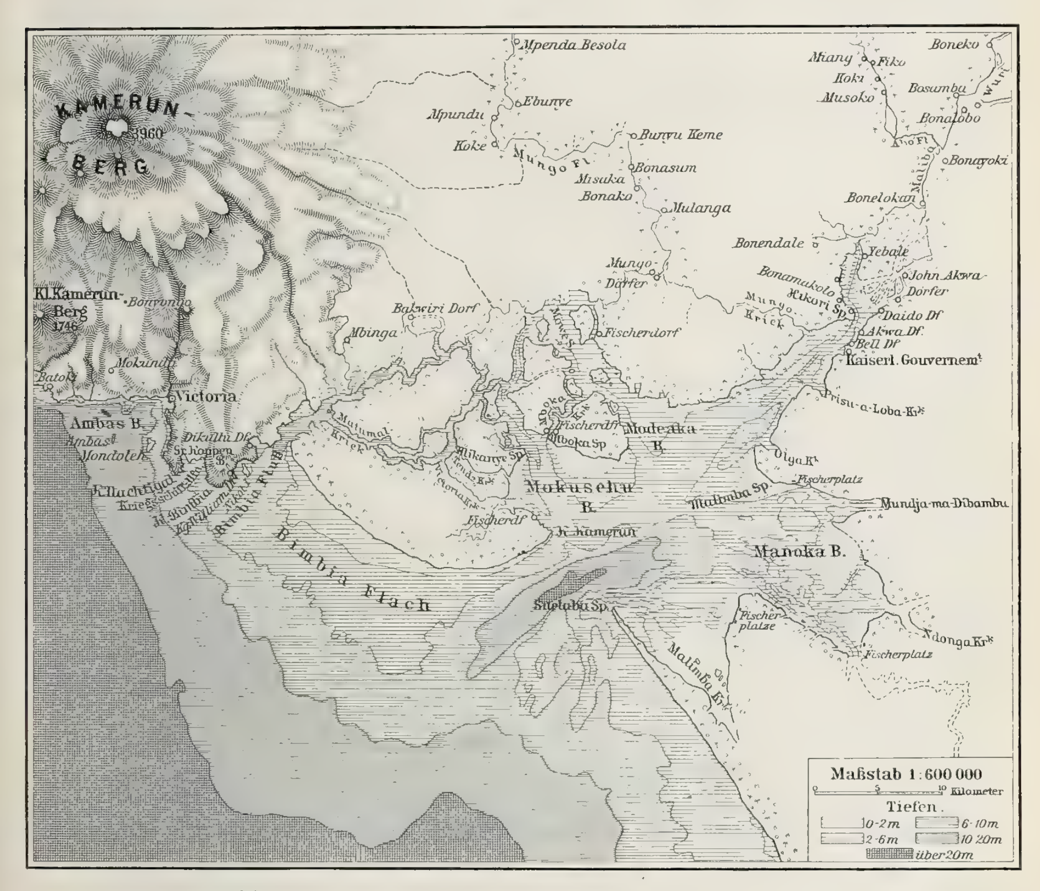
An Flachküsten ist das Ziel der Entwickelung die Ausgleichung der Küstenvorsprünge mit der inneren Grenze starker Brandungsthätigkeit und dem inneren Saum der Küstenströmung. Die vorspringendsten Teile der Küste werden abgetragen, die Buchten zwischen ihnen ausgefüllt oder geschlossen. Und so lange werden die Vorsprünge von der Welle benagt und die Buchten ausgefüllt, bis sich die ursprünglich vielfach gebrochene und durchbrochene Küstenlinie in eine nur sanft geschwungene verwandelt und, mit Goethe zu sprechen, „das Ufer dem Meere



Eine Marschenlandschaft bei Husum, Nordfriesland.

Nach Photographie.

versöhnt" ist. Besonders wirksam ist dabei die Entstehung der die Küstenlinien streckenden und kürzenden Nehrungen, die, auf die vorhandenen Vorsprünge gestützt, sich von beiden Seiten in eine Bucht vorschieben, je nach der Richtung des Windes bald hüben, bald drüben stärker wachsend, bis sie sich zu jenen leicht geschwungenen Bogen vereinigen, für welche die Ostseite Rügens in der Schmalen Heide und anderen kleinen Nehrungen so charakteristische Formen besitzt. Vgl. das Kärtchen der Insel Rügen, S. 315. Auf diese Art entstehen Küsten von ungebrochenem



Die Kamerunbucht. Nach der deutschen Seekarte. Vgl. Text, S. 401.

geraden oder leicht geschwungenem Umriß, der ausgeglichene Unebenheiten gleichmäßig umfaßt. Nicht selten treten an den flachen Schwemmlandküsten große, ganz regelmäßig gebildete Bogenlinien auf, deren Umrisse, wie wir oben, S. 375, gesehen haben, als Teil eines Kreisbogens zu bestimmen sind. Dabei läßt sich die allgemeine Regel aufstellen, daß ausspringende Bogen an solchen Küsten selten, einspringende die Regel sind, und daß die großen Bogenlinien von schwacher Krümmung häufig an Küsten des offenen Meeres, die kleinen starkgekrümmten an Küsten von Lagunen, Binnenseen und dergleichen vorkommen. Das ist ein Unterschied, den wir an Schwemmlandküsten oft wiederfinden: die dem Wellenschlag und Küstenstrom des Meeres ausgesetzte Außenseite ist glatt, die durch Absatz ungestört weiterwachsende Innenseite mannigfach gebuchtet. Am deutlichsten wird dieser Unterschied an schmalen Nehrungsstreifen.

Ebenso bezeichnend sind aber für die Schwemmküsten die Zerstörungsformen der tiefen, sackartigen Einbrüche und die mächtigen Mündungstrichter. Auf eine durch Hunderte von Kilometern ungebrochen sich hinziehende, fast gerade Küstenlinie folgen oft hintereinander Reihen derartiger Unterbrechungen. Auch in diesem Gegensatz liegt der Ausdruck des Jugendlichen der ganzen Bildung, die ebenso leicht aufgebaut wie zerstört ist. Zuidersee, Dollart, Jadebusen verkünden in ihrer Größe und scharfen Begrenzung die örtliche Schwäche der Flachstrandbildungen gegenüber den hereinbrechenden Sturmfluten. Flußmündungen sind die gebotenen Stätten solcher Einbrüche. Die mit den Küstenwällen abwechselnden Einsenkungen kommen, als die schwächeren Teile des Küstensaumes, ihnen entgegen. Auch die breit trichterförmigen Mündungen, Ästuarien, gehören immer weniger dem Flusse, der sie durchfließt, als dem Meer an: die Elbe unterhalb Harburg ist als ein Meeresarm aufzufassen, der in das Land eingreift.

Vorsprünge der Flachküsten, Haken.

Dies sind in der Regel niedere Schwemmgebilde, die an den Stellen auftreten, wo verschiedene Richtungen der Anschwemmung aufeinandertreffen. Sie sind keine eigentlichen Vorgebirge. Wenn man auch manchmal den Ausdruck Kap auf sie anwendet, so ist das doch eine Überschreitung des Sinnes dieser Bezeichnung. Man hat mit Recht beanstandet, daß das nordamerikanische Eismeerkap zwischen der Beringstraße und dem Athabascastrom Kap Barrow genannt wird; es sollte seine ursprüngliche Bezeichnung Point Barrow behalten, denn es ist die Spitze einer Landzunge. Im Deutschen sind die Worte Ort und Huk oder Haken für solche flache Landspitzen üblich. Unter dem Meeresspiegel erscheinen sie als flache Bänke (engl. shoals), indem sie, sich langsam abdachend, sich weit ins Meer hinaus erstrecken in der Richtung der Landzunge, bei deren Umschiffung sie eine große Gefahr bilden. Solche untermeerische Verlängerungen haben Brüster Ort und Darßer Ort an der deutschen Ostseeküste. Über den Meeresspiegel hervortauchend nehmen diese Landspitzen ruder- bis sichelförmige Formen im ganzen, wellenförmige Umrisse im einzelnen an; innen sind sie stärker gebuchtet als außen. Wo sie vorkommen, können wir sicher Schwemmland oder wenigstens einer steilen Küste angekitteten Schwemmlandsaum voraussetzen, sehr oft mit Dünenbildungen.

Cape Cod (s. die Karte, S. 406) an der neuengländischen Küste ist dafür ebenso bezeichnend wie die Spitze von Hela an der deutschen Ostseeküste oder Cabo de Gata an der spanischen Mittelmeerküste. Cape Cod baut sich mit hohen steilen Sandhügeln, zwischen denen Einsenkungen (shallows) thalartig einschneiden, aus einem seichten Meere auf; hart vor der Landspitze stehen 10 m Wasser, hinter der Landspitze liegt die Cape Cod-Bucht, zu der die Spitze der Landzunge sich zurückbiegt. Die Putziger Nehrung (s. die Karte, S. 214) ist ein schmaler Sandstreifen, der sich 33 km weit zwischen der Ostsee und Putziger Wiek fast gerade südöstlich hinzieht. An ihrem Ende sich verbreiternd und zugleich in schöner Rundung sich einwärts schwingend, bildet sie bei Hela eine scharfe, aus tiefem Wasser aufragende Spitze.

An Küsten, wo Haken häufig sind, erkennt man letztere auch in den Formen der Schwemmgebilde unter dem Meeresspiegel, die der Verlauf der Tiefenlinien im Seichtmeer erraten läßt. So weit nun auch diese Formen äußerlich abweichen von der schnurgeraden Linie der Flach- und besonders der Dünenküste, so haben sie doch den gleichen Ursprung im Laufe des Küstenstroms und der daraus sich ergebenden Strandversetzung, die umbiegend das leichte Material in weitem Bogen ausstreut.

Es gibt aber an Flachküsten auch eigentliche Vorgebirge: Gebirgsausläufer, stehengebliebene Schollen, festere Schuttpfeiler, angekittete Inseln schauen auf die Schwemmgebilde zu beiden Seiten herab und weit ins Meer hinaus. Sie bilden oft gleichsam Aufhängepunkte

für die Schwemmküstenlinie, die, von dem stützenden Vorsprung aus, leicht einwärts gebogen, zum nächsten Vorsprung überschwingt.

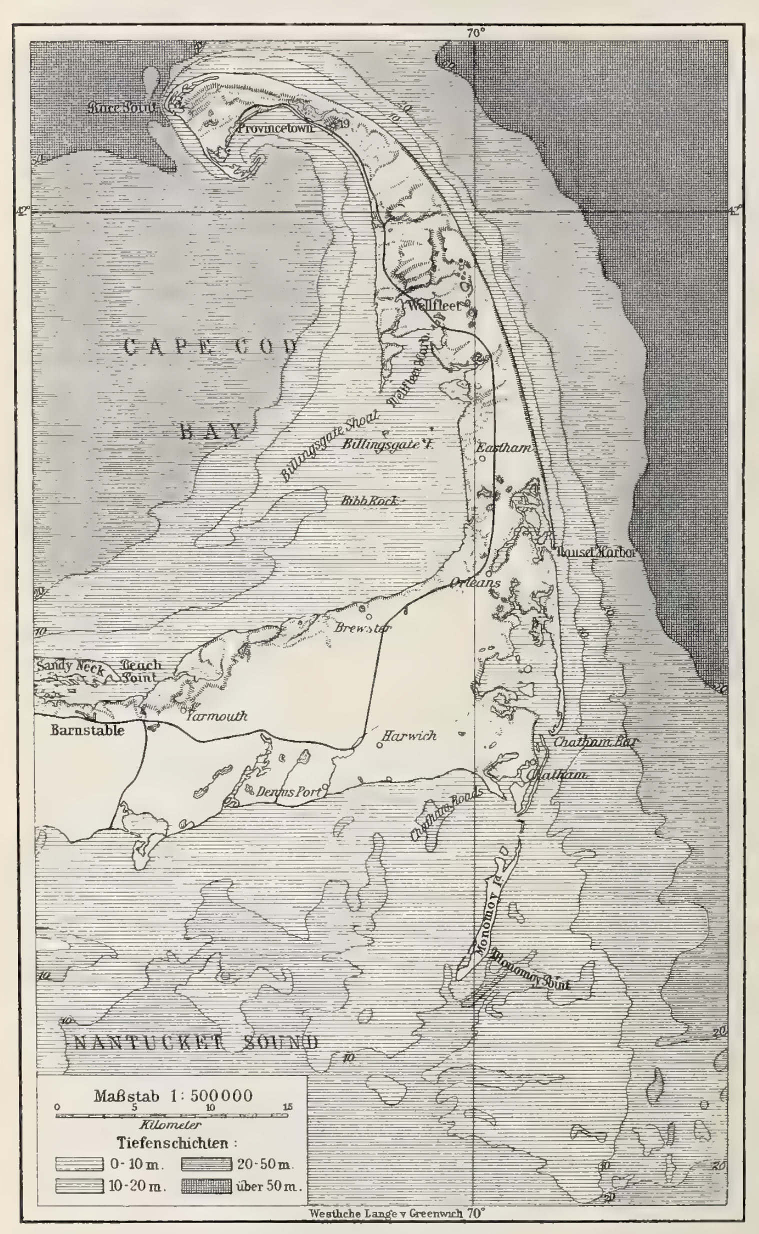
Sand- und Schlammküsten.

Im Aufbau der Flachküste spielt der Sand eine hervorragende Rolle. Er ist an und auf ihr besonders häufig. Sorgt doch das Wellenspiel an der Flachküste für ununterbrochene neue Zufuhr. In die Tiefe reicht er in der Regel nicht weit hinab. In der Ostsee liegt der Sand bis zu 10 m unter dem Wasserspiegel, dann folgt in der Regel Thon, der von etwa 50 m an rein vorkommt. Tiefliegende Sandbänke sind daher der Senkung verdächtig. Der Sand wird wichtig durch die Leichtigkeit, mit der seine bewegliche Natur sich den Anstößen und Angriffen der Meereswellen und des Windes darbietet. Einmal baut er Dünenwälle auf, die sich den Meereswellen als Dämme gegenüberlegen und nicht selten so hoch auftürmen, daß aus der Flachküste eine Steilküste wird. Dann liefert der Sand dem Küstenstrom ein treffliches Material zu Versetzungen. Vgl. oben, S. 395. Auch von den Wellen bewegt, bewahrt das Sandkorn doch ein gewisses Beharrungsvermögen; es wird nicht so leicht wie die Schlammkörnchen hinausgetragen, weil es schwerer ist und durch seine Ecken und Kanten Reibung bewirkt. Daher bauen sich Sandküsten, wenn sie an einer Stelle zerstört werden, mit demselben Sand an einer neuen Stelle hart daneben wieder auf. Zeugnis dafür die Beständigkeit der so oft schon zerrissenen Düneninsel Helgolands (s. oben, S. 397) oder die schmalen Nehrungsstreifen an Küsten aller Zonen. Dabei ist aber das Material verschieden genug. Wer die Ostseedünen kennt, findet in den Dünen der friesischen Inseln oder Jütlands etwas ganz anderes: gröberes Korn des Sandes, daher auch größere Formen, steilere Abfälle und größere Beständigkeit der ganzen Bildung.

Zu dieser Beständigkeit des Sandes tragen innere Vorgänge bei. Der Kalk, den der Sand durch die Zertrümmerung der Kalkschalen der Lebewesen empfängt, wird gelöst und verkittet die Sandkörner zu einem lockeren Sandstein. Man findet schichtenweise Sandsteinfladen von sehr unregelmäßiger Gestalt im lockersten Dünensand. Aber es bildet sich auch Sandstein in größeren Massen unmittelbar am Meeresufer. Eine der merkwürdigsten Bildungen dieser Art ist das Sandsteinriff von Pernambuco, das mehrere Kilometer weit vollkommen geradlinig dem Ufer parallel läuft, 50 m und darüber breit ist und aus undeutlich geschichtetem Sandstein besteht. Kalk scheint das Bindemittel des Sandes zu sein. Vielleicht wird dasselbe durch eine Bekleidung mit einer mehrere Zoll dicken Serpulaschicht geliefert, die zugleich als Schutz dieses Riffes gegen die Brandung dient. Darwin sagt hierzu: „Diese unbedeutenden organischen Wesen, besonders die Serpulae, haben der Bevölkerung von Pernambuco gute Dienste geleistet, denn ohne ihren schützenden Beistand wäre die Sandsteinbarre jedenfalls längst fortgewaschen worden, und ohne die Barre würde es hier keinen Hafen gegeben haben." Auf der Insel Norfolk gibt es einen Sand aus Porphyrtrümmern, der in Berührung mit dem Meere rasch fest wird, so daß jede Küstendüne auf ihrem eigenen Sandstein ruht. Man schreibt dieses Festwerden dem Thongehalt des trüben Brandungswassers zu.

Die Flugsand- oder Dünensäume der Flachküsten sind oft mehrere Kilometer breit, und ihre Sandhügel erreichen über 100 m Höhe. Wir haben auf den friesischen Inseln Dünenhügel von 48 m, auf der Kurischen Nehrung von 72 und an der französischen Südwestküste, zwischen Gironde und Adour, von 90 m. Allerdings dürfte in solchen Fällen öfters ein Dünenkern vorhanden sein, der nicht aus Sand besteht, wie es auf den nordfriesischen Inseln der Fall ist, die Diluvialkerne haben. Im übrigen hängt die Größe der Küstendünen von dem Material ab, das zur Verfügung steht, und von der Stärke und Regelmäßigkeit der Winde. Wir beobachten ferner an den Ostseedünen, daß, je breiter der Vorstrand, desto größer auch die Zufuhr von Dünensand ist. Daher stärkeres Wachsen in den Jahreszeiten, wo das Meer weiter zurücktritt, z. B. in der Ostsee im Frühling, weil dann mehr Sand frei liegt.

Der Dünensand wird zwar allstündlich vom Winde bewegt, und die Formen und Lagen der Dünen ändern sich mit dem Winde; die Sturmfluten durchbrechen schwache Stellen in den Dünenzügen und wühlen hinter ihnen im Sandboden Kolke von 10 m Tiefe aus; Wirbelwinde wehen im Sande kraterförmige Trichter aus, wobei sie z. B. auf Sylt den diluvialen Boden bloßlegen. Aber merkwürdigerweise folgen die Küstendünen nicht den Richtungen des Windes, sondern der Küste. Die Dünenzüge am Süd- und Ostrande der Nordsee folgen allen Richtungen der Küste, wobei die einzelnen Dünenrücken Längsthäler zwischen sich lassen. Dabei sind die landeinwärts gelegenen in der Regel die älteren, wie ihre größere Dichtigkeit und ihre Bewachsung anzeigen.



Cape Cod. Nach der Küstenaufnahme der Vereinigten Staaten von Nordamerika. Vgl. Text, S. 404.

Es gibt aber auch auf demselben Boden, den heute jüngere Dünen einnehmen, ältere, die oft geradezu rechtwinkelig auf jenen stehen. So hat Sylt ältere, niedrigere, dichter bewachsene Dünen, die westöstlich ziehen und von nordsüdlich gerichteten jüngeren überdeckt werden. Daß die Dünen nicht eine Bildung von gestern sind, beweist die hohe Lage, in der sie an so manchen Stellen vorkommen. Auch auf den nordfriesischen Inseln können 20 m hohe Dünen auf den 30 m hohen Steilrand des Roten Kliffs nicht hinaufgeweht worden sein,

sie können nur der Rest einer einst nach Westen sich sanft abdachenden, nun aber abgebrochenen Ausdehnung der Diluvialplatte sein. In einem früheren Zustande der Inseln können andere Richtungen der Dünen vorgewaltet haben als heute. Auch ist der Gedanke nicht abzuweisen, daß auf Küsten, die sich in Hebung befinden, die Verbreiterung des Strandes den Zuwachs jüngerer Dünen nach der Seeseite zu begünstigt habe. (Vgl. über den Dünensand und die Dünen im allgemeinen S. 486 u. f. im folgenden Kapitel.)

Die feinsten Schlammteilchen schlagen sich in großer Nähe des Landes und des Süßwassers im seichten Wasser des Meeres nieder und bilden, bereichert durch die Reste des Tier- und Pflanzenlebens, besonders von Algen und Rhizopoden, einen an organischen Bestandteilen reichen, zarten Schlamm, in dem chemische Zersetzungsvorgänge einzelne Gesteinsteilchen zerlegen, wobei vor allem die Humussäuren thätig sind. Die Gezeiten berieseln diesen Schlamm regelmäßig, und in unregelmäßigen Zeiträumen rauschen die Sturmfluten darüber hin, deren Wasser immer reich an festen Bestandteilen ist. Von ähnlichen Niederschlägen im Unterlauf der Flüsse und in Binnenseen unterscheidet sich dieser Marschboden durch seinen Gehalt an tierischen Substanzen, an den Salzen des Meerwassers und an phosphorsaurem Kalk. Die Marschbewohner nennen den fast reinen Thonboden Knick, den kalkreichen Klei. Es ist ihnen bekannt, daß der fruchtbarste Schlamm oder Schlick im Sommer abgesetzt wird, weshalb sie auch die vier wärmsten, dem Tierleben auf den Watten günstigsten Monate Schlickmonate nennen. Sie verfolgen die Entwickelung der „toten" Watten, die von der Flut am längsten überschwemmt bleiben, und denen nur Algenfäden einen grünen Hauch verleihen, durch die Quellwatten mit einem dünnen Wachstum von Salzkräutern hindurch bis zu den Graswatten: echten, fetten Wiesen, in denen die Luft und die Vegetation den Boden für den Wiesenwuchs, vorzüglich durch die Entziehung von Salz und Kalk, zubereitet haben. Endlich gebührt auch dem Sand sein Anteil an der Marschbildung. Der Wind weht den weißen Dünensand über das noch weiche, dunkle Erdreich und macht aus Schlickwatten „stäubende Watten"; aus diesen werden feste Watten, wenn den Sand reichliche Muscheltrümmer grau färben, so daß er sich leichter mit dem Schlamm verbindet. Die festen Watten liegen zu innerst und zu oberst, die Schlickwatten sind die dem Meere nächsten. Alle diese Verschiedenheiten verbindet das Wasser, das man bei einer Wanderung zur Ebbezeit in tausend Bächen fließen und in tausend Tümpeln stehen sieht. Es ist der Eindruck wie von der Wanderung über einen in voller Abschmelzung befindlichen Gletscher. Das Ganze ist halb fest, halb flüssig.

Die Strandwälle und Lagunenküsten, Strandseen und Lagunen.

Küsten aus beweglichem Material, wie Kies oder Sand, fallen immer in fast parallelen oder konzentrischen Rücken ins Meer ab; daher der wellenförmige Querschnitt solcher Küsten. Die Brandung verwandelt die ursprünglich geradlinige Böschung in eine Reihe von Wellenhügeln und -thälern, die der Küste parallel laufen. Dabei zeigt Sand weichere, Kies härtere Formen. Die untere Grenze der starken Wellenbewegungen auf dem Küstenabfall wird durch flache, unterseeische Rücken von Sand oder Kies bezeichnet, die an der Stelle liegen, wo die Brandungswelle auf stilleres Wasser trifft und die mitgetragenen und mitgerollten festen Körper fallen läßt. Durch Küstensenkungen wird diese Grenze hinausgeschoben.

Vor unserer Ostseeküste liegen unter dem Meeresspiegel Steinriffe, deren Stelle nur eine stärkere Brandung bezeichnet. Das sogenannte Vinetariff vor der Nordspitze Usedoms ist ein inselartig vom Meeresboden sich abhebendes, aus übereinanderliegenden Steinen bestehendes Riff, das wahrscheinlich als eine durch Küstenbewegung unter das Wasser versenkte Moräne zu deuten ist.

Der Strandwall wächst zur Meeresoberfläche herauf und schließt den seichteren, der Küste näheren Teil des Meeres von der offenen See ab. Er erscheint dabei als ein schmaler Streifen, der über eine große Entfernung gleichmäßig sich erstreckt. Die Kurische Nehrung gibt ein gutes Beispiel hierfür ab. Sie ist 97 km lang und 0,5 — 4 km breit. Ihrem Flächeninhalte von 140 qkm liegt eine mehr als zehnmal so große Lagune gegenüber. Vor dem Kurischen und Frischen Haff liegen in 1 km Entfernung acht- bis zehnmal größere Tiefen als in gleicher Entfernung in der Lagune. Eine der größten Nehrungsküsten liegt vor dem atlantischen Rande Nordamerikas in Virginien und Nordkarolina, sie ist zwischen Kap Henry und Bogue Inlet, westlich von Kap Lookout, 385 km lang. Vor der Ostseite der Halbinsel Florida zieht 560 km weit eine Nehrung hin, die nur sieben Durchgänge hat (vgl. die Karte bei S. 375). Wenige und veränderliche Öffnungen durchbrechen überhaupt solche Dämme. Derartige Nehrungen kann man auch als lange, dem Strande gleichlaufende Halbinseln bezeichnen. Ihre Lage und Gestalt zeigt, daß sie vom Land abhängige Anschwemmungsbildungen sind; aber wer auf einer Nehrung vor sich das Meer und hinter sich das Haff hat, empfindet die Größe des Meeres und die Kleinheit des Landes fast wie der Bewohner einer kleinen ozeanischen Insel.

Während die Außenseite einer Nehrung durch den Küstenstrom ausgeglichen ist, finden an der Innenseite in der Ungestörtheit der Lagune Ablagerungen der verschiedensten Formen statt. Daher ist der Umriß der Außenseite kürzer als der Umriß der Innenseite, und die geschwungenen, gebuchteten oder sogar schrotsägenartig ausgezackten Formen der Innenseite sind sehr verschieden von der einfachen Geraden oder Wellenlinie der Außenseite.

Die gegliederte Innenseite der Nehrungen von Virginien und Südkarolina verhält sich zur Außenseite wie 2,5 : 1, an der Frischen und Kurischen Nehrung ist das Verhältnis 1 : 1,17. Weidemüller hat nachgewiesen, daß auch bei Nehrungen, die durch Hebung der Lagunen landeinwärts gerückt sind, dieses Verhältnis sich noch bewährt, so z. B. im Verhältnis der West- und Ostseite des Indian River (Ostflorida), der als eine alte Lagune aufzufassen ist. Der Unterschied zwischen Außen- und Innenseite einer Nehrung wird um so größer, je länger die Nehrung ist, je weniger also das Meer im stande ist, an der Modellierung der Innenseite teilzunehmen.

Jede Flachküste hat Wasserbecken, die durch einen schmalen Landsaum vom Meere getrennt sind, reihenförmig hintereinander liegen und offenbar in enger Stammverwandtschaft stehen mit den Lagunen und anderen Meeresbuchten, Strandsümpfen und Längsthälern des Strandes. Die Westküste von Jütland, die Ostseeküste vom Darß bis Kurland, die Küste des Languedoc, die französische Küste zwischen Gironde und Adour, die Guineaküste (s. die Karte S. 409), große Teile der Südostküste von Afrika, der Malabarküste, der atlantischen und Golfküste von Nordamerika zeigen lange Reihen dieser Seen.

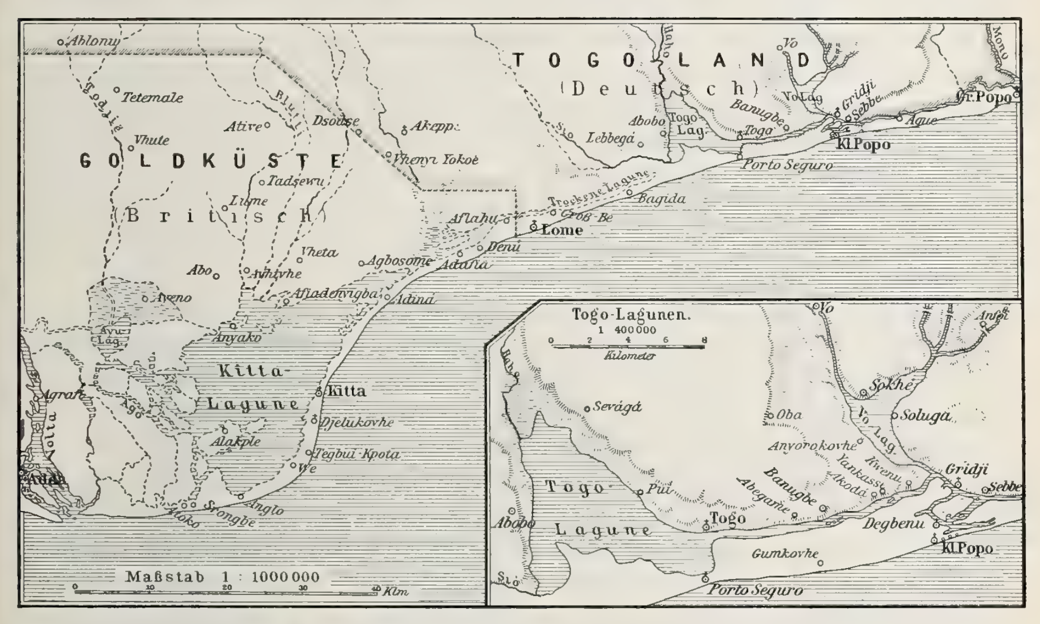
Es gibt auch große Küstenstrecken, an denen Seen vorherrschen, die senkrecht zur Küstenlinie stehen. Die Küste des Golfes von Mexiko zwischen Galveston und Mobile, die von Nordkarolina mit dem Pamplico- und Albemarlesund, die Küste des Schwarzen Meeres östlich von der Donaumündung gehören hierzu. Das sind keine Küstenlagunen, sondern durch die Küstenanschwemmungen aufgestaute Flußseen. Daß oft ihre Unterscheidung von Küstenlagunen oder Haffen nicht gerade leicht sein wird, lehrt ein Blick auf die Seen der Golfküste westlich vom Mississippi. Die schöne Bucht von Mobile und der Liman des Dnjestr scheinen sich durch Nehrungsbildung zu abgeschlossenen Mitteldingen zwischen Haffen, Flußseen und Meeresbuchten entwickeln zu wollen.

Die Stelle der Lagune nehmen mit der Zeit die allerverschiedensten Gebilde ein. Die versumpfte Lagune hebt sich, auch wenn sie Festland geworden ist, noch von der mit ihr zusammenhängenden Nehrung deutlich ab; denn diese ist höher und besteht großenteils aus Sandboden. Auch pflegt der letzte Rest der Lagune hart hinter dem Rande zu liegen. Wir finden

an unserer Ostseeküste Sümpfe, Moore, bei hoher Flut wohl auch vorübergehend Meer, wo an anderen Stellen Haffe oder kleinere Strandseen sind.

An der vorpommerschen Küste begleiten den Seenrücken vorgelagerte Wälle, welche die Längsthäler der vor der Mündung umbiegenden Tollense, Recknitz, Peene, Trebel bilden. Ein Ansteigen des Meeres um 10 m würde Sunde entstehen lassen, ähnlich dem, der den trapezförmigen, von Nordwesten nach Südosten gestreckten Hauptteil Rügens vom Festlande sondert. An der hinterpommerschen Küste ist hinter der Düne, die ins Meer taucht, ein Streifen tiefgelegener Moore, Sümpfe und Seen in der Regel vorhanden, und zusammen mit dem dahinter ansteigenden diluvialen Landrücken sind dies die wiederkehrenden Züge des Landschaftsbildes auf Hunderte von Kilometern.

Wer sich einer solchen Nehrung vom Meere her naht, sieht gelbliche Inseln, die auf dem grünen Wasser zu schwimmen scheinen und bei trübem Wetter in ihrer geraden Kette langsam



Lagunen an der Küste von Togo und der Goldküste. Nach P. Sprigade und anderem Material. Vgl. Text, S. 408.

auftauchen. Dem Näherkommenden verbinden sie sich durch niederes Land, das manchmal grünlich angehaucht ist, und so legt sich ein fahler Wall von welligen Umrissen vor die Lagune und das blühende Land dahinter. Die Segel der Schiffe auf dem Haff sieht man über niedrige Stellen der Nehrung vorbeischweben. Gewöhnlich ist die der See zugewandte Seite einer Nehrung wenig bewohnt oder unbewohnt, die Haffseite oft um so belebter.

Die verschiedenen Arten von Flachküsten.

Es liegt in der breiten, zwischen Land und Meer gleichsam verschwimmenden Bildungsweise der Flachküsten, daß ihre verschiedenen Arten vielfach ineinander übergehen. Eine strenge Sonderung, wie bei den Steilküsten, ist in der Regel nicht möglich. Doch kann immerhin dieser Begriff Flachküste einen sehr verschiedenen Inhalt haben. Unsere deutschen Küsten an der Nord- und Ostsee sind fast durchaus Flachküsten, und doch welche Verschiedenheit der Geschichte und der Gestaltung: hier die Nordsee, ein stürmisches Meer mit mächtigen Gezeitenfluten, dessen Arbeit noch durch eine Landsenkung unterstützt ward; sie hat von alten Schwemmgebilden nur

Trümmer übriggelassen in schmalen Inseln, Halligen und einem zerrissenen Marschensaum. Auf der anderen Seite die Ostsee, mehr großer Binnensee als Meer, fast gezeitenlos und von hoch aufgeschütteten Ufern umrandet: große Nehrungen, die fortwachsen, Buchten, die sich ausfüllen, und Schuttküsten von einförmigem, schwach wellenförmigem Umrisse. Zerstörung wirkt an beiden, aber an der Nordsee in großen Katastrophen, an der Ostsee in stillem Abbröckeln Schritt für Schritt. Wir sehen dort die Wirkung der Zerstörung allein, hier aber ist sie vergesellschaftet mit Neubildungen, die im Schutze von Küstenwällen vor sich gehen. Tiefe Buchten und Ästuarien geben der Nordseeküste einen durchaus offenen Charakter, während die Ostseeküste zum Teil geschlossen ist. Das ist ein Gegensatz, der auch sonst häufig wiederkehrt, und dem große Wirkungen entspringen, die bis in die Verkehrsgeographie sich erstrecken. Unterscheiden wir also einmal offene Flachküsten und geschlossene Flachküsten.

Offene Flachküsten an Gezeitenmeeren erfahren die Wirkungen der Gezeiten, die ihre Buchten und Flußmündungen erweitern, die Kanäle zwischen ihren Inseln vertiefen und breite Küstensäume wechselnd überschwemmen und trocken legen. Eins der besten Beispiele ist die eben genannte deutsche Nordseeküste und die französische atlantische Küste. Bei der Ausmündung zahlreicher Flüsse entsteht eine offene Flußküste mit oder ohne Deltabildung. Entwickeln sich Deltas, so sind ebenso viele verschiedene Deltaküstenformen möglich, als es Deltas gibt (vgl. S. 412 u. f.). Aber das Delta ist nicht die einzige Form der Ablagerung von Flußniederschlägen an einer Küste.

Viele Flüsse treten nebeneinander ins Meer und zerschneiden den Küstensaum in zahlreiche niedrige Inseln. Das ist die Küste mit Schwemminselsaum, die wir in dem Sea Islandsgebiet Südkarolinas, in Guayana, an der Südküste Javas finden, an die übrigens das Gebiet der Rhein-, Maas- und Scheldemündungen schon eine Annäherung bildet. Von Richthofen hat als besondere Unterarten unterschieden den Guayanatypus: breiter Schwemmlandsaum, in welchem die Flüsse parallel der Küste abgelenkt werden und häufig Lagunenbildung mit in Wirksamkeit tritt; ferner den hinterindischen Typus an der Küste von der Brahmaputramündung bis Cochinchina, wahrscheinlich auch an der kolumbischen Küste des nördlichen Südamerika: ein breiter Saum von Schwemmland, zwischen den einzelnen Gebirgsausläufern sich hinausschiebend, so daß von den letzteren zwar der allgemeine Küstenverlauf, nicht mehr aber die Einzelgliederung abhängig erscheint. An die bereits besprochene Teilnahme des Tier- und Pflanzenlebens an dem Küstenbau sei hier nur noch einmal erinnert, um die Abarten der Riff-, Torf- und Mangroveküsten zu nennen. Man kann sie wohl irgend einer der eben genannten Flachküstengattungen zuweisen, aber die Eigentümlichkeit ihres Baumaterials verleiht ihnen doch ganz besondere Merkmale. (Vgl. den Abschnitt über die Korallenriffe, S. 327 u. f., und über die Pflanzen als Küstenbauer, S. 400.)

Geschlossene Flachküsten können nur dadurch entstehen, daß das Meer durch Wellenverschiebung und Küstenströmung zusammen einen langhin verlaufenden Wall (Nehrung) aufwirft. Die Verbindung mit ausmündenden Flüssen, die ihr Sediment beim Zusammentreffen mit dem Meere aufschütten, verstärkt natürlich diese Leistungen. Teile des Meeres werden dadurch abgeschlossen und im trockenen Klima in Salzseen und Salzsümpfe verwandelt, im feuchten Klima bilden sich Süßwasserbecken oder bei stärkerem Meereszuflusse Brackwasserbecken. Je nachdem nun die Nehrung ein zusammenhängender Wall oder durchbrochen und in Inseln aufgelöst ist, und je nachdem die dahinter liegenden Wasserstreifen Meeresbuchten oder Seen oder durch Auffüllung zu Sümpfen oder Flußthälern geworden sind, entstehen zahlreiche Spielarten der geschlossenen Küsten.



MEDSCHERDA-DELTA.

Nach der Carte de la Tunisie 1:50000.

Maßstab 1:400000

0 2 4 6 8 10 Kilometer

Bibliographisches Institut in Leipzig.

In der gewaltig ausgedehnten Flachküste des atlantischen Nordamerika von Kap Henry bis Kap Sable (Florida) hat man im allgemeinen eine geschlossene Schwemmland- oder Lagunenküste vor sich. Aber es herrscht eine so große Mannigfaltigkeit in diesem 2600 km langen Festlandsaum, daß eine einzige Benennung ihr nicht gerecht zu werden vermöchte. Zuerst haben wir die Küsten von Virginien und Nordkarolina, die, durch schmale Nehrungen vom Meere getrennt, mächtige, tief ins Land hineinreichende Lagunen, wie den Pamplico- und Albemarlesund, einschließen. Nach Süden zu sind diese Lagunen versumpft und die Nehrungen in Inseln zerfallen. Weiterhin werden die Küsten Südkarolinas durch Reihen von Schwemminseln gebildet, die durch Flußgeflechte und Mündungsbuchten getrennt werden. In Florida tritt eine einzige mächtige Nehrungsbildung mit schmalen, der Küste parallelen Lagunen und Küstenflüssen auf und erzeugt einen der einförmigsten Küstenstriche von 560 km Länge. Und endlich haben wir zwischen Kap Florida und Kap Sable eine gehobene Küste mit Korallenriffen, Muschelbänken und Mangrovesümpfen. Die klimatische Bedingtheit gewisser Küstenformen tritt in diesem Abschnitt deutlichst hervor.

Das Delta als Strom- und Küstenbildung.

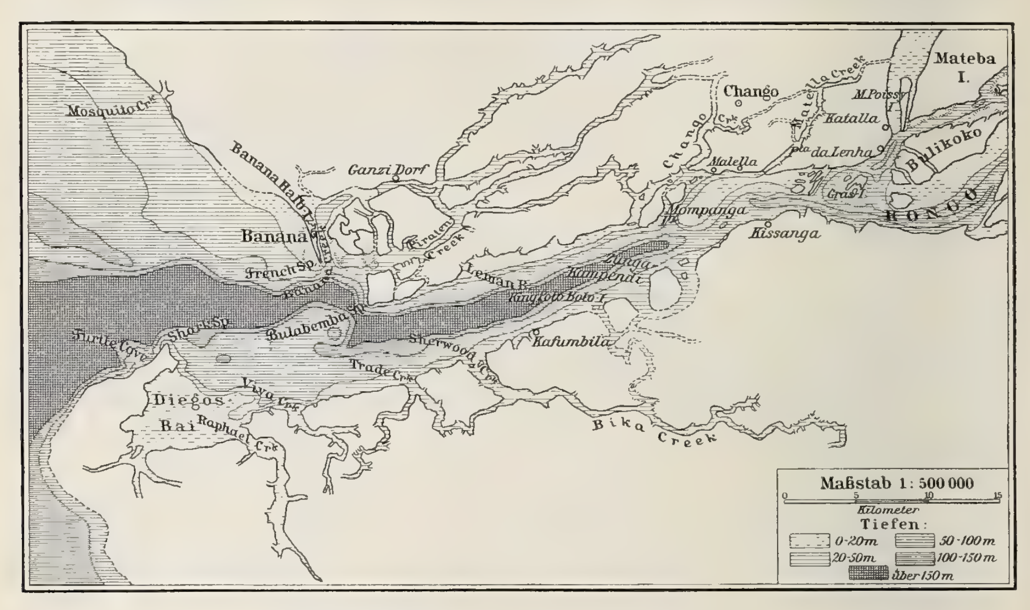
Die eigentümlichste aller Flachküstenformen tritt uns im Delta entgegen, das in seinem Namen eine zwar nicht wesentliche, aber häufige und auffallende Eigenschaft vor sich her trägt. Die Delta- oder Dreiecksform nimmt eine im Unterlauf eines Flusses angeschwemmte Flachküste dadurch an, daß der Fluß sich gabelt und mit mehreren Armen ins Meer mündet, deren beide äußersten häufig ein Dreieck einschließen. Nur wird das Delta nicht immer so deutlich dreieckförmig ausgebildet sein wie am Nil (s. die Karte, S. 295). Es kann äußerlich so weit abweichen wie das der Wolga oder des Mississippi; dann werden aber Dreiecksbildungen der Schwemmgebilde im Inneren des Delta durch sekundäre Gabelung bewirkt. Nur in seltenen Fällen tritt gar keine Gabelung ein. So durchfließt der Medscherda sein verhältnismäßig großes Delta in einem einzigen Kanal, der tief eingeschnitten ist. (S. die beigeheftete Karte „Das Medscherda-Delta".) Das kommt von der Lage ziemlich bedeutender Höhen von 40 – 50 m hart hinter dem Delta, in das der Fluß noch als Gebirgsfluß eintritt.

Alle Deltas liegen ganz im Küstenstreifen. Sie kennzeichnen sich als Küstenbildungen durch den zwiespältigen Charakter ihrer fließenden und stehenden Wasser, die bald salzig, bald süß, bald brackisch sind. Salzseen und Salzsümpfe sind, ebenso wie in den Küstenlagunen, in den Deltas häufige Erscheinungen; Flutkanäle, in denen bald salziges, bald süßes Wasser fließt, sind ungemein verbreitet. Zeitlich können Unterschiede in diesen Eigenschaften hervortreten, und Delta-Ablagerungen sind, in größerem oder geringerem Maße wechselnd, von Ursprung und Charakter marine, brackische oder Süßwasserbildungen, ebenso wie sie, ihrem Materiale nach teils dem Fluß und teils dem Meer angehörend, Marsch- oder Wattenland, Geröll- oder Schlammufer sind, so daß im Boden des Deltas alle Arten von Ablagerungen, auch Absätze aus Salzseen und Meeresniederschläge ozeanischer Bildung miteinander wechseln. Dazu trägt auch der Unterschied der Geröllführung bei hohem und bei niederem Wasserstande bei, welcher Schichten gröberer und feinerer Art miteinander wechseln läßt.

Die Deltas sind die Schauplätze mächtiger Überschwemmungen, die in einzelnen Fällen, wie im Nildelta, bei regelmäßiger Wiederkehr unter Absatz befruchtenden Schlammes von großer wirtschaftlicher Bedeutung werden. Besonders in diesem Sinne ist das Wort Herodots von Ägypten als Geschenk des Nils begründet, das der große Länderschilderer mit den immer sich erneuernden Schlammablagerungen des Stromes und dem dadurch bewirkten Wachstum Ägyptens an Höhe und Ausdehnung begründete. Aber die Meeresbucht ist es, die das Geschenk vor allem empfängt, und der dem Meere genetisch verwandte Charakter spricht sich nicht minder deutlich in der vollkommenen Ebenheit der Deltalande aus, die so deutlich nur jenen Bildungen

eigen ist, an denen Land und Meer mit gemeinsamen Kräften arbeiten. Aus der Kette der Schwemmgebilde, die der Fluß in allen Teilen seines Laufes, wachsend mit seiner Wassermasse und mit der Abnahme seiner Geschwindigkeit, ablagert, heben sich die Mündungsdeltas immer durch den starken Anteil des Meeres an ihrer Ablagerung und Gestaltung hervor.

Über allen diesen Eigenschaften der Oberfläche vergesse man nicht, daß ein Delta immer eine Küstenbildung ist und als solche über den Meeresspiegel hinab in die Tiefe reicht. Als eines durch Wellenschlag, Überflutung und Eistreiben am Gipfel abgeflachten, untermeerischen Schuttkegels ist des Deltas Dasein und Wachstum in der Lage und Gestalt des Meeresbodens vorgezeichnet. Keinen Strom gibt es, der nicht Anschwemmungen in, an oder vor



Die Kongomündung. Nach der englischen Admiralitätskarte.

seiner Mündung bildete; es hängt nur von örtlichen Verhältnissen ab, ob daraus ein Delta, eine Nehrung, eine Reihe von Schwemminseln und Sandbänken oder große untermeerische Schlammfelder werden. Es braucht auch nicht immer einen Strom, es genügt in seichtem schlammreichen Wasser eine Strömung: schon die aus dem Kaspischen See in den Meerbusen von Karabugas fließende Strömung bildet bei ihrem Eintritt ein regelrechtes Delta. Es hat also z. B. keinen tieferen Sinn, wenn man von einem positiven und einem negativen Delta wie von großen Gegensätzen spricht. In beiden Fällen denkt man an geographische Gebilde, deren dreieckiger Umriß den Vergleich nahelegt. Beides sind Flußmündungen, in beiden finden Anschwemmungen statt, aber im positiven Delta erreichen diese Anschwemmungen die Oberfläche, im negativen bleiben sie unter derselben. Es ist im Grunde nur ein Unterschied der Entfernung vom Meeresspiegel. — Je stärker der Strom, desto weiter trägt er die Schwemmstoffe, desto weniger neigt er auch zur Gabelung. Wenn der Kongo (s. die obenstehende Karte) außerhalb Sharks Point noch 2,6—3 m in der Sekunde fortschreitet, so sind damit nicht die Bedingungen für eine Deltabildung, wohl aber für einen mehr als 400 km seewärts sich ausbreitenden untermeerischen Schlammkegel oder, besser noch, einen flachgewölbten Schlammschild gegeben.

Wer die Deltas nur in ihrer oberflächlichen Erscheinung betrachtet, wie sie am Spiegel des Meeres auftauchen oder wenig über denselben hervorragen, der wird über ihr wahres Wesen ebensosehr im unklaren bleiben, wie wenn er Inseln ohne ihren Abfall zum Meeresgrunde verstehen wollte, oder Berge, ohne ihren Grund zu betrachten, mit dem sie gleichsam in der Erde wurzeln. Um das Wesen der Deltas voll zu begreifen, muß man sie im Zusammenhange mit ihren Tiefenverhältnissen, ihren submarinen Abhängen und ihrem Wachstume vom Meeres- oder Seegrunde herauf betrachten. Dabei ergibt sich, daß die Deltas Schuttkegel sind, die dem Fall des Meeresbodens gemäß steil nach vorn, flach nach den Seiten abfallen. Wie die Gestalt des Meeresbodens auf diese Fundamente der Deltas wirkt, sieht man deutlich am Laufe des Mississippi, der gerade auf den tiefsten Teil des Golfes von Mexiko hin gerichtet ist; darin spricht sich „das Gefäll im Meer" aus. Außerdem sind die Deltas Seichtwasserbildungen, die von tieferen Kanälen nur an den Stellen durchsetzt werden, wo mächtige, rasch fließende Ströme sich Rinnen in sie gegraben haben. Weit hinaus über das Delta an der Meeresoberfläche baut sich auf See- oder Meeresboden ein Berg von Schutt, über dessen Gehänge der Fluß sein durch Schlammführung und manchmal auch durch niedrige Temperatur schweres Wasser in tiefen Rinnen hinabführt. Bestehen die Wände dieser Rinnen aus Schlamm, so zeigen sie eine zähe Beständigkeit; die 480 km seewärts zu verfolgende Kongorinne ist von 1640 m hohen Wällen umgürtet, die jetzt bis zu 180 m unter dem Meeresspiegel aufgeschüttet sind.

Die Häufigkeit des Auftretens der stärksten Delta-Arme auf beiden Seiten des Deltas, in klassischer Weise im Nildelta (vgl. die Karte, S. 295) verwirklicht durch das alte Übergewicht des kanopischen Armes und des Armes von Pelusium über alle anderen, drängt zu der Frage: warum dieses Auseinanderstreben? Es kann keinen anderen Grund haben als ein seitliches Gefälle, das dem allgemeinen Gefälle des Deltas sich beigesellt. Es bedingt eine schildförmige Gestalt des Deltas, mit Wölbung in der Mitte, Abfall nach vorn und nach beiden Seiten. Das ist die typische Gestalt für Anschwemmungsbildungen, so gut wie Hohlformen der Abschwemmung entsprechen. Ablenkungen können den einen Delta-Arm lange bevorzugen, so wie im Indusdelta nach allen Verschiebungen immer die westliche Mündung überwog; aber später ist dann doch an die Stelle der historischen Mündung von Pattala eine östliche getreten; seit 1875 ist wieder eine mittlere Mündung die Hauptmündung geworden.

Der Boden und die Umgrenzung der Deltas.

In der Natur des Deltas liegt die Flachheit seines Anschwemmungsbodens. Das ist sein unterscheidendes Merkmal. Deswegen sagt der Fellah: „der Nil reicht von Berg zu Berg", indem er das Schwemmland der Wüstenplatte entgegensetzt, in die es eingesenkt ist. Weder die Gabelung des Flusses, noch seine netzförmige Verzweigung, noch die größere Feinheit der Schwemmstoffe, noch endlich die so sehr verschiedenen Umrißformen bieten gleich durchgreifende Merkmale. Denn keines hängt mit der Entwickelung dieser Art von Schwemmgebilden so eng zusammen. Die Entstehung dieser räumlich so ausgedehnten Schwemmgebilde gerade im Mündungsgebiete von Flüssen beruht darauf, daß das fließende Wasser seinen Fall hier nahezu verloren hat und, selbst schon wagerecht sich ausbreitend, auf den, praktisch genommen, ebenfalls wagerechten Spiegel des Meeres trifft. So kommt die wagerechte Linie des Flußunterlaufes und der Meeresfläche im Delta zur Geltung und zwar um so reiner, je stärker der Anteil des Meeres an seiner Bildung ist. So sinkt das Rheindelta von +11 m Höhe im Osten bis

auf —1,38 m (unter dem Amsterdamer Pegel) im Westen herab, und zwischen den 540 km des Laufes des Mississippi von der Redriver-Mündung bis zum Golfe liegt nur noch ein Höhenunterschied von 15 m. Durch die mit der Abnahme des Gefälles wachsende Menge der Niederschläge verringert sich nach der Mündung zu die Tiefe eines Flusses. Die Wassermasse bleibt dieselbe, und der Fluß geht in die Breite. Dadurch aber vermehrt sich wieder die Reibung am Boden und an den Ufern, und das Endergebnis ist immer größere Verlangsamung, Ausbreitung, Behinderung des Abflusses und endlich Teilung des Flusses in eine Anzahl von Armen.

Zutreffend hat in seiner Beschreibung des Ganges Rennell diese Verhältnisse geschildert. Die Tiefe des Ganges ist 900 km von der Mündung bei Niederstand gegen 10 m und verharrt in dieser Tiefe bis zur Mündung, „wo die plötzliche Ausbreitung des Stromes ihm die Kraft nimmt, die notwendig ist, um die durch die starken Südwinde quer vor der Mündung aufgeworfenen Sand- und Schlammbänke wegzuschwemmen, so daß in den Hauptarm des Ganges große Schiffe nicht einlaufen können".

Wie ist ein Flußdelta zu begrenzen? Das Meer bildet seinen unteren Rand; soll nun die obere Grenze an den Punkt der ersten Gabelung verlegt werden? Auch wenn sie, wie beim Indus, 260 km über der Mündung liegt? Mit nichten. Gabelungen treten in Flußläufen weit oberhalb der Mündungsgebiete auf. Wolga und Achtuba treten zu einer Flußgabel 370 km oberhalb der Mündung auseinander, während das Delta erst 60 km oberhalb der Mündung beginnt. Umgekehrt liegt die ausgesprochene Gabelung des Mississippi weit unterhalb des oberen Endes des Deltas. Es wird in vielen Fällen gar nicht möglich sein, die obere Grenze des Deltas scharf zu bestimmen, da es sich stromaufwärts verlängert und verzweigt in alle jene Ablagerungen, die zu beiden Seiten den Strom umsäumen. Darum ist auch die Bestimmung nicht zu brauchen, die sagt: so weit gehört das Land zum Delta, als es durch die Anschwemmung ein Stromes entstanden ist. Wir können nicht bei der letzten Felseninsel, die wir den Kongo herabfahrend passieren, Ponta da Lenha, sagen: jetzt beginnen die Schwemminseln, hier fängt auch das Delta an. Es gibt allerdings Fälle, in denen die Topographie des Deltagebietes selbst die Möglichkeit einer schärferen Sonderung an die Hand gibt, wenn nämlich das Delta als ein zusammenhängendes Anschwemmungsland sich von den höheren und älteren Teilen seines Gebietes absondert, so wie zwischen den Flügeln der pontischen Lößplatte spitzwinkelig eingeschoben das obere Ende des Donaudeltas liegt. Ähnlich ist zwischen die Plateauabfälle der Libyschen und arabischen Wüste das Nildelta, zwischen das Memeler und Nadrauer Plateau das Delta der Memel eingelagert. Ebenso wird das Delta scharf abzugrenzen sein, wenn es der Strom unmittelbar am Fuß einer steilen Meeresküste aufbaut, wie Ebro, Kisil Irmak, Jeschil Irmak, Mahanadi. Wo aber die Deltabildung ältere Landstücke untereinander und mit dem Festlande verkittet, was bei der Begünstigung der Anschwemmungen durch die Schranke vorgelagerter Inseln nicht selten ist — auch das Rheindelta hat seine diluvialen Inseln in Gestalt des Geestlandes, dürrer Heiden, die besonders in der Velouwe zwischen Waal und Zuidersee sich von der Marsch schroff abheben —, ist die Abgrenzung oft nur im Untergrund durch Bohrung festzustellen. Am schwierigsten und zuletzt auch nur durch Bohrungen wird endlich der Umfang einer in ausgedehntere Tieflandstrecken übergehenden Deltabildung zu bestimmen sein, wie sie Ganges, Po, Irawaddi gebaut haben. Man kann in solchen Fällen fast immer mehrere Begrenzungen mit irgend einem Grade von Berechtigung vornehmen. Rennell hat z. B. den Anfang des Gangesdeltas bei der Abzweigung der westlichsten Arme Cossimbasar und Djellinghi gesetzt, fast 400 km oberhalb der Mündung. Wir glauben, daß es niemals eine andere natürliche Grenze geben kann als die obere Grenze der neuen Meeres- oder Brackwasserbildungen, mit der immer auch der Anfang der eigentlichen Deltafläche zusammenfällt.

Wo tiefgelegene flache Länder langsam ans Meer herantreten und entsprechend langsam, wenig geneigt in dasselbe hinabtauchen, verbreitern sich die Deltas mehr, als daß sie sich hinausbauen; in diesem Falle nimmt die Küste weithin einen Deltacharakter an, so daß das eine große Delta mit einer Anzahl von Nebendeltas verschmolzen ist. Endlose Verflechtungen der Flüsse untereinander sind Folge solcher Verschmelzungen, und es entstehen jene für die Kanalisation



Das Nigerdelta. Nach der englischen Admiralitätskarte und „The Geographical Journal“.

der Deltaländer vorbildlichen und praktisch hochwichtigen Netze von Binnengewässern. Die Verflechtung des Rheines mit der Maas und der Maas mit der Schelde liefert ein gutes Beispiel dieser Deltaküste (vgl. oben, S. 397). In außereuropäischen Gebieten sei der Niger mit den Flüssen von Benin, Calabar u. a. erwähnt (s. die obenstehende Karte). Po und Etsch liefern in kleinerem Maß ebenfalls Belege für diese Bildungen. Ein Deltakranz, wie er sich in die Nordhälfte des Kaspisees vorschiebt, zeigt die Begünstigung durch einen sinkenden Wasserspiegel und zugleich das Landübergewicht über den gerade in seinem nördlichen Teil seichten See.

Durch nachbarliches Ausmünden größerer Flüsse nimmt auch ein nicht angeschwemmtes Land, wie Ostpreußen zwischen Weichsel und Memel, von Pregel und Passarge durchflossen, die Umrisse eines Deltalandes an; aber seine mannigfaltige Bodengestalt widerlegt diesen Schein.

Neben- und Binnendeltas.

Deltas, die in bestimmten Richtungen stark vordrängen, zeigen in diesen Richtungen Auswüchse, die wie verjüngte, kleine Deltas der älteren größeren Bildung dieser Art angesetzt sind. Derartiges beobachtet man am Kilia-Arm der Donaumündung; aber am deutlichsten zeigt der untere Mississippi diesen An- oder Aufsatz. Es wiederholt sich dabei, freilich in ganz eigenartiger Weise, der Parallelismus, der den Küstenbildungen so häufig eigen ist. Das Mississippidelta ist deutlich in Rumpf, Hals und Kopf gegliedert. Der Rumpf ist 320 km breit, der Hals ist auf 16 km eingeschnürt, den Kopf bilden die sich ausbreitenden und verzweigenden Pässe (vgl. die Karte, S. 395). Diese drei Abschnitte folgen in derselben Südostrichtung aufeinander. Dabei sind, umgekehrt wie in den Küstenanschwemmungen, die äußeren Umrisse viel größer als die vom Strom ausgeglichenen inneren. In den verzweigten Teilen des Mississippideltas beträgt die Länge des äußeren Umrisses das Dreifache der Länge der inneren Linien.

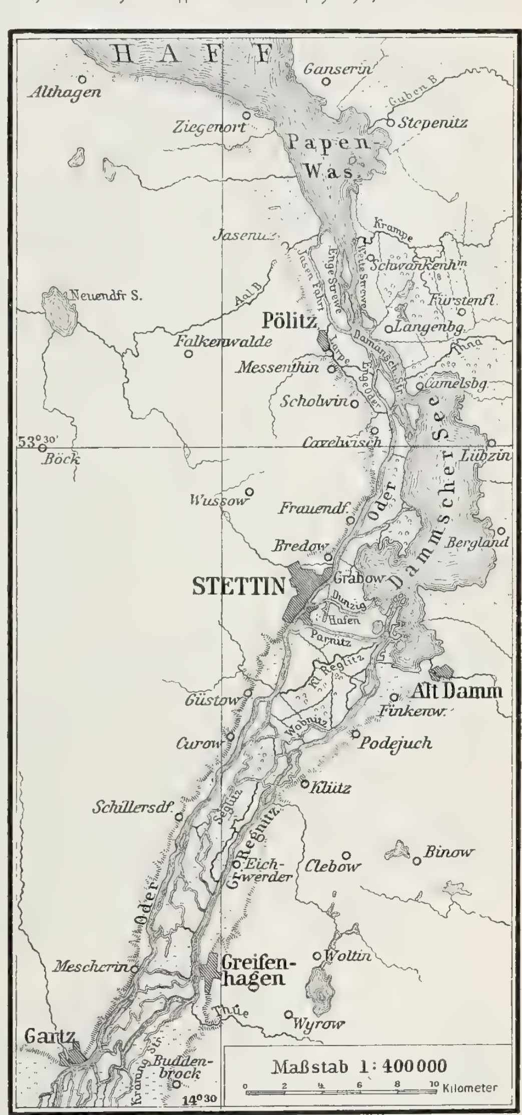
Flüsse, die vor dem Eintritt ins Meer eine Bodenschwelle zu durchbrechen hatten, haben dort schon einen großen Teil ihrer Schwemmstoffe abgelegt und setzen dann den Rest zu beiden Seiten ihrer Rinne ab. Daher entsteht hinter der Bodenschwelle ein Binnendelta, das in ein Streifendelta übergeht. Ein naheliegendes Beispiel liefert die Oder (s. die Karte, S. 417) mit ihrem gewaltigen Oderbruch, an das sich der so regelmäßig gebildete Deltastreifen von Garz bis Altdamm anschließt, der auf ein Sechstel der Breite des Bruches verschmälert ist. Endlich folgt der Anfang einer wahren Delta-Ausbreitung im Dammschen See. Diese hat Brackwassercharakter im Gegensatze zu den rein fluviatilen Deltabildungen oberhalb des Dammschen Sees. Der Kongo (vgl. die Karte, S. 412) erinnert von Boma abwärts an die Oder. Hier ist die Rinne nur 1 km breit bei Nokki, und an der Mündung lassen die auseinander tretenden Felswände nur 25 km zwischen sich: nicht Raum genug für ein dem mächtigen Strome gemäßes Delta. Am deltaähnlichsten ist der Strom dort, wo bei Tschissiala seine Breite durch Einschaltung von Inseln auf 15 km wächst. Aber es findet keine eigentliche Stromgabelung statt. Auch im unteren Ob finden sich ähnliche Delta-Ablagerungen, oberhalb der Mündung in die große verzweigte Ob-Bucht, wie in der Oder. Große Nebenflüsse bilden Zuflußdeltas, wie Ubangi und Sanga am Kongo. Maas und Waal bilden ein Binnendelta in Form eines echten Flußgeflechtes, ehe sie in das holländische Diep eintreten. Ihm entspricht das Delta der Nogat in dem sonst so viel einfacheren Weichseldelta. Auch die Halbinsel, welche die Ijssel in die Zuidersee hineingebaut hat, gehört hierher.

Eine besondere Deltaform hat die Elbe ausgebildet, die schon bei der Havelmündung unterhalb Havelberg in 23 m Meereshöhe angelangt ist, von hier bis zur Pentzel auf 92 km um 12 m und von hier bis zur Seeve auf 82 km 9 m fällt. Wir haben hier eine Verbindung von Delta und Ästuarium vor uns. Die Flut geht bei Mittelwasser bis etwa 3 m herauf. Höhenzüge, die den beiden Höhenrücken des norddeutschen Tieflandes angehören, bleiben der Elbe auf beiden Seiten bis zur Ausmündung nahe. Wo nun die Höhenzüge bei Hamburg und Harburg einander auf 8 km nahetreten, spaltet sich die Elbe in eine Anzahl von Armen, deren stärkste, die Süderelbe und die Norderelbe, den Höhenrändern am nächsten bleiben. Von dieser Spaltung an geht

das bisherige Süßwasseralluvium in marines Alluvium über. Das Stromgeflecht südlich von Hamburg und Altona ist also ein echtes Küstendelta, wenn es auch noch durch die ganze 90 km lange Unterelbe von der Nordsee begrenzt wird (vgl. die Karte „Der Hafen von Hamburg" bei S. 458). Die Gezeiten reichen unter gewöhnlichen Verhältnissen bis Geesthacht, 21 km oberhalb der Seeve, bei Sturmflut treiben sie bis Boizenburg, bei tauber Flut gehen sie bis Bunthaus zurück.

Lagunendelta. Deltaseen.

Wo ein Fluß in eine Lagune mündet, die durch eine Nehrung vom Meere getrennt ist, da lagert sich in diesem begrenzten Raume der Schutt ab, den der Strom mit sich herabbringt. Je größer die angeschwemmten Massen und je enger der Raum, desto rascher verwandelt sich die Lagune selbst in ein Delta, das zuletzt nur noch in seinem festen und vielleicht erhöhten Außenrande die Entstehungsweise erkennen läßt. Ist aber die Entwickelung jünger, dann kann zwischen dem Deltaland und dem vorgelagerten Küstenwalle noch ein breites Stück Meer liegen; das Delta wächst dabei aus dem Hintergrund in die Lagune hinein. Solche Prozesse spielen sich an den Mündungen der Weichsel, Nogat, des Pregels und der Memel ab und in der ausgezeichnetsten Weise an der ganzen Erstreckung der texanischen Küste, wo besonders die drei nahe bei einander mündenden Flüsse St. Antonio, Colorado und Guadelupe sich in der großen Matagordabai ein mächtiges Deltaland aufgebaut haben.



Das Binnendelta der Oder. Nach einer Karte des Werkes „Der Oderstrom, sein Stromgebiet 2c." Herausgegeben vom Königlich Preußischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten. Vgl. Text, S. 416.

Der Bau des Nildeltas (vgl. die Karte, S. 295) zeigt mehr verwischt einen ähnlichen Ursprung. Marine Kalke bilden den nordwestlichen Rand des Deltas auf beiden Seiten von Alexandrien, und vereinzelte Stücke davon sind noch östlich von Rosette in den Deltarand hineingebaut: Reste quartärer Kalkriffe, die dawaren, ehe das Delta sich bis hierher vorgeschoben hatte. Tiefen von mehr als 100 m sind ausgefüllt. Also ist auch nicht der Außenrand des Nildeltas, sondern der Südrand seiner Seenkette etwa dem Außenrande des Deltas des Mississippi oder des Niger zu vergleichen. Am Nil geht das freie Wachstum des Schwemmlandes in die Seenflächen hinein vor sich; diese vertreten hier das Meer. Dana beschreibt das Delta des Rewa auf Fidschi. Dasselbe wächst in eine Korallenlagune hinein, deren Korallen fast alle durch das Süßwasser getötet

sind und nur am äußeren Rande des Riffes in geringer Zahl und klein von Wuchs noch fortvegetieren. Das Delta nimmt ungefähr 170 qkm ein, ist von vielen veränderlichen Armen des Flusses durchströmt, die es in zahlreiche Inseln zerlegen, und besteht vorwiegend aus feinem Schlamm, der von der Zersetzung der vulkanischen Gesteine im Inneren herrührt. Ein größerer Teil des Rewawassers mündet durch einen besonderen, weiter oben sich abzweigenden Arm. Das Wachstum dieses Deltas geht sehr rasch vor sich; ein Augenzeuge versicherte Dana, daß es in 40 Jahren sich um fast 1 km in die Lagune vorgeschoben habe. In ähnlicher Weise wie hier das Riff befördert an der finnischen Küste der Schärenkranz die Deltabildung. Letztere ist in zahlreiche kleine Schwemmgebilde zergliedert, die um Felseninseln sich anlegen.

Bei der Ausfüllung der Meeresbuchten bleiben Meeresreste als Deltaseen übrig, die gemäß ihrer Entstehung zwischen salzig, süß oder brackisch schwanken. Das ungleiche Wachstum der Schwemmlandstreifen schneidet Meeresteile ab. Wenn eine feste Vorlagerung die Deltabucht vom offenen Meere trennt, sei es Inselkette, Düne oder Riff, legen sich Schwemmlandstreifen an sie an, und Meeresteile werden, gänzlich umfaßt, zu abflußlosen Seen. Die Deltaseen oder -lagunen sind auch in anderer Hinsicht, gleich allen Binnenseen, schwankende Übergangsgebilde. Ihre Dauer ist verschwindend klein, wenn man sie aus erdgeschichtlicher Perspektive betrachtet. In diesen Seen entstehen Inseln und Bänke, welche die Wasserfläche immer weiter zerkleinern. Lage und Gestalt des Mensalehsees sind ein ausgezeichnetes Beispiel eines solchen Deltasees hinter schützender Umrandung. Kleinere Seen müssen in den Deltas bei dem häufigen Wechsel der Mündungsarme durch Abschnürung und teilweise Austrocknung entstehen. Zu ihnen gehören die Jheels des Gangesdeltas, die als Sammelbecken für die Aufnahme des Wasserüberflusses bei Anschwellungen praktisch von großer Bedeutung sind.

Größe und Wachstum der Deltas.

Je größer der Strom, je stärker die Abtragung seines Gebietes und je günstiger die Bedingungen der Ablagerung an der Küste, desto größer das Delta. Einzelne Deltas erreichen gewaltige Größen. So ist das des Ganges und Brahmaputra über 80,000, das des Mississippi über 30,000, das Nildelta 22,000 qkm groß. Natürlich hängt gerade die Größenbestimmung von der Begrenzung ab. Rechnet man in das Nildelta alle quartären Bildungen, die in die dreieckige Tertiärbucht der das Delta umrandenden Hügel eingelagert sind, so erhält man 24,000 qkm. Dazu kommen aber noch die Schwemmländer und Gewässer des ägyptischen Nils mit 9000 qkm, so daß die Summe von 33,000 qkm herauskommt.

Das Wachstum eines Deltas geht nicht von der Spitze aus regelmäßig nach allen Seiten, sondern findet überall dort statt, wo Niederschläge sich ablagern. Ein Strom, der grobe Geschiebe führt, läßt diese eher niederfallen als ein anderer seinen feinzerteilten Schlamm; dort beginnt die Deltabildung sogleich mit der Verlangsamung bei der Verbreiterung des Stromes, hier kann sie sich bis an den Rand des Meeres hinaus verlegen, wo die molekulare Sedimentierung Platz greift. In letzterem Falle kommt dann oft bald die in der Regel rasch wachsende Tiefe des Meeres — untermeerische Deltaschuttkegel haben bis zu 30° Gefälle — ins Spiel, die man an dem Gleichstande der Niederschläge längs der ganzen gewissermaßen abbrechenden Stirnseite des Deltas und an der Verlangsamung des Wachstums erkennt. Die innere Geschichte eines Deltas ist also die Auffüllung einer Meeresbucht bis zum Spiegel durch die Einengung des Meeres in diesem Raume von den Rändern her und durch Zerteilung der Wasserfläche infolge von Insel- und Halbinselbildung, endlich die Ausbildung einheitlicher Wasserrinnen aus einer großen Zahl von kleinen Flußarmen. Bei Flüssen mit großen Überschwemmungen kommt auch noch die Aufschüttung über dem Meeresspiegel dazu.

Gerade an diesem Delta kann man das Wachstum geschichtlich verfolgen. Herodot vernahm, daß zu des (sagenhaften) Königs Möris Zeit der Nil Ägypten schon bei 8 Ellen Höhe überschwemmt habe, zu seiner Zeit habe es bereits 15 Ellen dazu bedurft. Als Herodot Ägypten bereiste, lag die Nilteilung bei Memphis, 7 km oberhalb Kairo; heute finden wir sie 18 km weiter nordwestlich, 9 m über dem Meere. Sie hat in dieser Zeit, nach den Windungen gerechnet, einen Weg von 28 km zurückgelegt. Eine Vereinfachung der Wasserläufe zeigt sich darin, daß aus acht Mündungen mit der Zeit zwei Hauptmündungen entstanden sind. Die Kunst der Kanalbauer und die Ackerbestellung hat daran wohl ihren Teil, aber es liegt in der Entwickelung des Deltas selbst, wie wir sehen werden, der Hauptgrund der Verschiebung.

Flüsse von langem Unterlaufe durch flache Länder legen alles grobe Geröll ab, lange ehe sie zur Mündung kommen, und bauen ihr Delta bloß aus Schlamm und feinstem Sand auf. Im Nildelta liegt Schlamm aus ganz homogenen, sehr kleinen, festen Körnchen von $1/30$ bis $1/100$ mm Durchmesser. Sandkörnchen von $1/10$ mm sind selten. Der frische Nilschlamm hat 63 Prozent unlösliche Bestandteile. An organischen Bestandteilen ist der Nilschlamm arm; diese betragen nur 1,17 Prozent. Um die hier geleistete Arbeit zu würdigen, erinnere man sich, daß die Nilablagerungen im Delta noch weit über den tiefsten erbohrten Punkt (1887: 105 m) hinabgehen. Das Ästuar, in das sie sich ergossen, reichte vom Südrande des Natronthales bis zum Nordabfalle des Sinai und dürfte im Westen früher als im Osten ausgefüllt worden sein.

Es hat keinen großen Wert, das mittlere Wachstum eines Deltas zu messen. Verlegt sich doch das Wachstum mit den Veränderungen im Netze der Delta-Arme. Und dazu kommen noch wiederkehrende Zerstörungen der oft ungemein lockeren Deltaneubildungen. Das Wachstum der Deltas schreitet also unter allen Umständen mit sehr verschiedener Geschwindigkeit fort. Am Delta des Terek gibt es Stellen, die in einem Jahr um $1/2$ km in den Kaspisee vorrücken. Die Pomündung rückt seit der Eindeichung im Durchschnitt jährlich 70 m vor, die Mündung des Tiber um 3,3 m. Für das Delta des Yangtse werden (von Skertchly) 5 qkm, für das Podelta 1,14, für das Donaudelta (1830—56) 0,8, für das Rhônedelta 0,23 qkm jährliches Wachstum angegeben. Die Enden des Mississippi, die sogenannten Pässe, wachsen jedes Jahr um 60—90 m seewärts, nur der sogenannte Südpaß bloß um 20—30 m. Aber eben dieser Südpaß ist eine lange Reihe von Jahrzehnten hindurch immer weiter zurückgegangen. Am Mississippi schwemmen überhaupt bei Niederwasser die Gezeiten oft Bänke fort, die der Strom beim Hochstand aufgeschüttet hatte. Wie sehr das ruhige Wachstum in Seen und abgeschlossenen Meeren die Deltabildung begünstigt, zeigen die Beispiele von Binnenseedeltas, die außer allem Verhältnis zur Größe ihres Flusses wachsen. So hat die Kander im Thuner See von 1714 bis heute 80 Hektar Deltaland gebildet.

Die Veränderlichkeit der Deltas.

Wie für alle Küstengebilde, gilt auch für die Deltas die Veränderlichkeit als allgemeine Regel. Der Deltaboden hat keine Gegenwart. Unaufhörlich gehen auf ihm Veränderungen vor. Sind doch Deltas schon als Werke energisch anschwemmender Kräfte starken Veränderungen gewissermaßen aus sich selbst heraus ausgesetzt. Die Erhöhungen des Flußbodens, des Meeresbodens und, bei Überschwemmungen, des amphibischen Tieflandes, das zwischen Flüssigem und Trockenem liegt, gehören hierher. Durch diese Erhöhungen werden häufige Zerteilungen der Arme bewirkt, in die der Strom vor der Ausmündung sich gespalten hat, und besonders oft werden diese Arme größer, nachdem sie kleiner gewesen waren, und umgekehrt. In der Regel fällt bei einer Flußspaltung im Delta ein Arm schwächer als der andere aus; der stärkere schreitet in der Vertiefung fort, während der schwächere sehr oft noch schwächer und zuletzt ein

Altwasser wird. Selbst bei kleineren Seendeltas beobachtet man solche Verlagerungen; die Reußmündung lag früher bei Flüelen und ist dann auf die linke Thalseite hinübergeschwankt. Wie dabei doch immer allgemeine Verhältnisse durchgreifen, zeigt das Nildelta, wo unter allen Verschiebungen immer wieder einer von den westlichen Armen der wasserreichste geworden ist, wie denn auch die Seenentwickelung im Delta ihren Schwerpunkt im Westen hat. Wir schließen daraus, daß das Nildelta im Westen etwas tiefer liegt als im Osten. Der Mangel östlicher Abzweigungen der östlichen Arme deutet in gleicher Richtung. Wir haben hier eine Wirkung der Bodenbewegungen vor uns, die in keinem Delta ganz fehlen werden. Auch im Rheindelta deuten Torflager in mittlerer Tiefe auf die Mitwirkung von Bodensenkungen hin, die vielleicht auch dazu beitrugen, daß die Wassermasse den Alten Rhein verließ und sich südwärts dem Lek und Waal zuwandte.

Das Delta der Petschora. Nach Iljin, Karte des europäischen Rußland u. a. Vgl. Text, S. 422.

Berechtigt ist jedenfalls die Aufforderung, bei allen Deltabildungen und Delta-Umbildungen der Küstenschwankungen eingedenk zu sein. Gerade bei den Deltas ist es geboten, sich daran zu erinnern, daß es kaum ein Küstengebilde geben dürfte, das nicht den Einfluß von Senkungen oder Hebungen erfahren hätte. Selbst in dem streng eingerahmten Nildelta gibt es Spuren von Senkung, wenn auch an veränderlichen, gebrechlichen Schlammanhäufungen. Liegt doch in der lockeren Beschaffenheit der Deltaanschwemmungen immer schon ein örtlicher Anlaß zu beschränkten Senkungen durch „Setzung", und zeigt uns doch die Tiefe mancher Deltaanschwemmungen, wie lange Senkungen die Aufschüttungsthätigkeit eines Stromes begleiteten und das stetige Werk des Stromes stetig der Vollendung entzogen. Bis gegen 150 m tief hat man bei Bohrungen im Gangesdelta immer nur Schwemmland mit Resten von Land- und Süßwasserbewohnern gefunden, und Kalkutta steht auf einer Geröll- und Sandablagerung von 10 m Mächtigkeit, unter der ein Wald begraben ist. Es sind hier also die Anschwemmungen in dem Maße gewachsen, als das Land, auf dem sie niederfielen, langsam gesunken ist.

Das Klima kann die regelrechte Ausmündung eines Flusses ins Meer durch ein Übermaß von Verdunstung dermaßen erschweren, daß deltaähnliche Ablagerungen und Flußgabelungen entstehen, die vom Meere getrennt liegen. Der Fluß teilt sich hier nicht bloß, sondern er verschwindet durch fortgesetzte Teilungen in immer kleinere Rinnsale. Zur Ausbreitung des

Wassers über eine weite Fläche kommt also hier die Versickerung. Man könnte daher den Verflachungsdeltas der Küste diese hier als Versickerungsdeltas im Inneren gegenüberstellen.

Wir haben im Inneren Südaustraliens das große Sammelbecken des Eyresees, das wie im Mittelpunkt einer großen Binnendeltabildung gelegen ist. Die meisten der einwärts vom Spencergolf gelegenen Seen verdanken ihr Dasein der Hemmung der Ausmündung der Flüsse, die zum System des Cooperflusses gehören. Der Cooper Creek (oder Barku) hat mehrfach schon oberhalb seiner Einmündung in den Eyresee netzförmige Verästelungen, aus denen er sich indessen immer wieder zusammenfindet; weiter unten verliert er sich in weite, flach vertiefte Grasebenen, aus denen er später wieder hervortritt. Gregory verlor den Barku in einer solchen trockenen Lücke und konnte deshalb auch seine Mündung nicht finden, wozu aber schon Woods die prophetische Bemerkung machte: „Ich bin überzeugt, daß man das letzte Sammelbecken des Barku in dem ungeheuren Salzsee Eyre finden wird.“ Von den Verästelungen des Barku sagt Gregory, nachdem er geschildert hat, wie sein Wasser, statt in Thälern zusammengehalten zu werden, sich über Ebenen ausbreitet: „Die sehr unregelmäßigen Flußarme, die sich auf der horizontalen Fläche oft ganz verliefen, vereinigten sich doch an anderen Punkten in großen Senkungen wieder.“ Und an einer anderen Stelle gibt er folgende treffende Schilderung dieser Partien eines so echt australischen Flusses: „Ohne Zweifel bildet der Cooper den Abfluß für ein ungeheueres Gebiet, und wenn er beständig Wasser führte, würde er ein sehr bedeutender Strom sein. Das Thal hat bisweilen eine Breite von mehr als 15 km, und das wirkliche Flußbett zeigt, wo man es verfolgen kann, oder wo es sich nicht in drei oder vier Kanäle teilt, die Verhältnisse eines starken Stromes. Trotzdem fließt er nie längere Zeit hindurch, und das Gras ist an seinen Ufern ebenso selten wie das Wasser in seinem Bett. Er ist wie das Gespenst eines Flusses, der ehemals bedeutend und prächtig war. Den einen Tag kommt man über kahle Ebenen, den anderen steht man vor klaren, tiefen Wasseransammlungen. Aber es war uns nicht immer leicht, den Lauf des Flusses zu verfolgen, denn er verlor sich bisweilen in Sandebenen.“ Nachdem man eine Abzweigung des Barku im Strzeleckifluß entdeckt hatte, der den salzigen Gregorysee speist, gab der scharfsinnige Meinicke schon 1865 einem nicht sehr ferne liegenden Gedanken Ausdruck, wenn er sagte, von dem „merkwürdigen Lagunenland“ des unteren Barku gewinne man „ganz den Eindruck wie von dem Mündungsland eines großen Flusses“. Der gesamte Naturcharakter verstärkt nur diesen Eindruck: unaufhörliche Abwechselung im einzelnen bei steter Wiederkehr weniger einfacher Naturformen: Sandhügel, Niederungen mit Gras oder Polygonum, Bachbetten und Seebecken mit oder ohne Wasser, je nach der Jahreszeit. Im allgemeinen die trostlos einförmige Landschaft eines vertrockneten Deltas.

Die geographische Verbreitung der Deltas.

Die geographische Verbreitung der Deltas zeigt ein Übergewicht nach Zahl und Wachstum in den schuttreichen und durch starke Abtragung ausgezeichneten Gebieten der Erde. Die Küsten Indiens, die Tieflandküsten Eurasiens und Nordamerikas, die abflußlosen Schuttgebiete Zentralasiens sind deltareich. Eine Begünstigung geringeren Grades spricht sich in den immerhin zahlreichen Deltas der Haffe und Binnenseen aus. Keine größeren Deltabildungen finden wir an den steilen Längsküsten, die nur Flüsse kurzen Laufes empfangen, an den Fjord- und Riasküsten, an den Küsten von Inseln, deren Flüsse nur klein sein können, und deren Inneres nicht schuttreich ist, wie England, endlich an den Mündungen der Flüsse, die kurz vorher, wie der Sankt Lorenz, in Binnenseen ihre Niederschläge abgesetzt haben. Ein besonderer Fall ist der des Kongo und des Amazonas, deren gewaltige Wassermassen den Schlamm weit über die Küste hinaus in tiefe Teile des Meeres führen. Jedenfalls ist aus der deltalosen Mündung des Kongo nicht zu schließen, daß „seine Mündung nicht gerade alt sei“. Es hat sich nicht bestätigt, daß Senkungsküsten immer deltaarm sind. Die Senkung geht offenbar nur in seltenen Fällen so rasch vor sich, daß die Deltabildung nicht nachkommen könnte. Gerade so mächtige Deltagebilde wie die des Nils und des Ganges setzen vielmehr Senkung zu ihrem Aufbau aus bedeutender Tiefe voraus. Vergessen wir zum Schlusse nicht die klimatischen Bedingungen, die unmittelbar durch den rascheren Niederschlag schwebender Teile im warmen Wasser und durch die gesteigerte

Lösungsfähigkeit des Kalkes in warmem Wasser, und mittelbar durch die Steigerung der Lebensthätigkeit in ebensolchem die Schwemmküstenbildung im allgemeinen beeinflussen. Die Veränderlichkeit hochnordischer Schwemmküsten, wie am Ob, hängt mit dem Mangel an kräftigem Pflanzenwuchse zusammen, der an den tropischen Küsten die Deltabildungen ausbreitet und befestigt. Dagegen zeigen die Deltas des Eismeeres die Wirkungen des zerschneidenden, rinnenbildenden Treibeises. Daher die Ähnlichkeit der Deltas des Athabasca und der Petschora (s. die Karte, S. 420) mit ihren breiten Flußarmen, die das Schwemmland in einen Inselschwarm auflösen.



Kap Landsend, die Südwestecke Englands. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 424.

Auch das Jenisseidelta zeigt diesen Inselcharakter; derselbe tritt im Lenadelta auf der Ostseite hervor, die ganz selbständig neben dem Delta-Abschnitt mit der Hauptmündung von Sagastyr steht.

Die Steilküste.

Wo leichte Meereswellen nicht mehr den Strand hinaufschwellen, sondern an dem Strande sich brechen, haben wir die Steilküste. Wir werden also im allgemeinen solche Küsten als Steilküsten bezeichnen können, die mit einem Winkel von mehr als 10° ins Meer tauchen. Doch müssen wir dabei den Küstenabfall für sich betrachten und bei jeder einzelnen Küste die flachen und steilen Strecken auseinander halten. Es gibt viele kleine Inseln, die nur Steilküste haben. Einige davon sind wegen der Schroffheit ihrer Küste bei einigermaßen bewegter See unzugänglich, wie die von der „Valdivia“ wiederentdeckte Bouvet-Insel im südlichen Atlantischen Ozean. Aber

große Küstenstrecken können ihrer Natur nach weder nur Flachküste noch auch nur Steilküste sein. Wir sind gewöhnt zu sagen, die deutsche Nordseeküste ist eine Flachküste, und gewiß ist das im ganzen richtig; aber wo der Felsen von Helgoland in die Nordsee abfällt, ist sicherlich Steilküste, und nicht minder auch am Abfall mancher steilen Dünenwand. Die Berechtigung des allgemeinen Ausdruckes können wir nur darin suchen, daß Deutschland im ganzen als ein langsam sich abdachendes Tiefland an die Nordsee herantritt. Ebenso tritt die Westseite der Skandinavischen Halbinsel im ganzen als ein Hochland an den tiefen Atlantischen Ozean heran,



Küste von Long Island, Staat New York, Nordamerika. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 424.

wiewohl wir im Hintergrunde so manches Fjordes eine flache Küste haben. Wir haben dort im ganzen eine Flachlandküste und hier eine Hochlandküste. Im allgemeinen wird ein flacher Rand auch ein breiter Saum sein, und deswegen wird die Küste eines flachen Landes und eines seichten Meeres in der Regel auch eine Flachküste sein.

Der Eindruck beider Bildungen verstärkt sich, indem wir dem Abfall des Landes unter dem Meeresspiegel folgen. Der deutschen Flachlandküste liegt ein seichtes Meer, der norwegischen Hochlandküste ein tiefes Meer gegenüber. Wir treffen also nun auf die Unterschiede von Tiefmeerküste und Seichtmeerküste und finden, daß zwar Steilküste und Tiefmeer ebenso zusammenzugehen pflegen wie Flachküste und Seichtmeer, daß aber auch flache Küstenstrecken in tiefes Meer und steile in seichtes abfallen können. Die Ostsee ist vor der steilen Klippe von Arkona nur 10 m tief, und flache Korallenriffe steigen aus mehr als 1000 m tiefem

Meere empor. Kaum 20 Meilen südöstlich von der ausgesprochenen Flachküste des Kap Hatteras liegen Meerestiefen von 2000 Faden. Die mecklenburgische Küste ist die Küste eines Tieflandes, die doch an manchen Stellen 10 m hoch mit ihren eiszeitlichen Schuttwänden steil zum Meeresspiegel abfällt. Allen diesen Thatsachen gegenüber bleibt die Küste ein Gebilde des Meeresrandes, das nach den Merkmalen zu bezeichnen ist, die es dort trägt, wie sehr auch ihr Verhältnis zu ihrem Land oder zu ihrem Meer ihre Entstehung beeinflußt haben mag.

An den Steilküsten greift das Wasser das Land in dem schmalen Brandungsgürtel an. Daher in der Steilküste ein Gegensatz von oben und unten, in der Flachküste von innen und



Steilküste am Hafeneingang von Sydney. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 425.

außen. Wesentlich von den nie ganz fehlenden Ungleichheiten in der Gesteinsbeschaffenheit hängt die Form der Küste ab, die gleich bleibt, solange sich das Land in gleichen Formen und mit gleichen Gesteinen entgegenstellt. Steilküsten halten im allgemeinen eine Richtung bei, aber die kleinen Einbuchtungen und Vorsprünge verleihen ihnen einen gezahnten Umriß auf den Übersichtskarten. Im allgemeinen wird man sagen können: je eckiger die Küste, desto jünger. Es gibt auch hier, bei der Steilküste, Übergangsgebiete, wie es bei der beweglichen, überall sich hineindrängenden Natur des Flüssigen nicht anders sein kann. Aber in denselben herrscht nichts Amphibisches wie bei der Flachküste, keine Mengung der Merkmale des Flüssigen und Festen, sondern nur eine Milderung des Massengegensatzes zwischen kompaktem Land und ungebrochener See durch Insel und Klippenbildung, durch cyklopische Schuttwälle (s. die Abbildungen, S. 422 und S. 423) und durch die Absonderung von Meeresstraßen und Buchten; das Meer bleibt

ungeteilt, und das Land behält seine Festigkeit, seinen felsenhaften Zusammenhang, aus dem die Küstenformen zerklüftet, zerteilt, in buntem Wechsel einander ablösend heraustreten. Eben darum erscheinen in den Steilküsten überhaupt mehr die Eigenschaften des Landes als des Wassers. Die Formen und Tiefen der Küste werden hauptsächlich von den Oberflächenformen des Landes bestimmt, wobei auch die Gesteinsart mit einwirkt. Wo im südlichen Norwegen die Fjorde in Porphyr einschneiden, fallen die Küstenränder senkrecht ab und sind unbewohnt; sobald Sandstein auftritt, erscheinen kleine Vorsprünge, Klippen, Küstenebenen mit menschlichen Wohnungen; steile Kalksteinküsten zeigen regelmäßige Hohlkehlen in ihrem massigen Gestein, während geschichtete Gesteine von der Brandung gleichsam aufgeblättert werden (s. die Abbildung, S. 424).

Ein äußerliches Kennzeichen der Steilküste sind zahlreiche Türme, Pfeiler, Säulen und Thore, die sie umstehen. Die altgriechischen Küstennamen enthalten sehr oft das Wort Pyrgos, das die aus den steilen Küsten des Mittelmeeres so schroff hervortretenden turmartigen Klippen bezeichnet. Die Klippen von Helgoland sind berühmte Beispiele von Küstenpfeilern. Nordische Küsten, an deren Felsen der Frost nagt, die aber doch durch Eis schuttfrei gehalten werden, und von der heftigsten Brandung umtobte Steilküsten ozeanischer Inseln (vgl. die Abbildungen, S. 325, 326 u. a.) sind besonders „pittoresk“. „Ich habe seltsame Ansichten und Naturspiele unter diesen Felsentrümmern getroffen, wo die Gebirge eine Mauer und die Absätze daran Bastionen und andere Festungswerke sehr natürlich vorstellen. Hinter der Höhle (die später den Namen Stellershöhle empfing) stehen eine Menge einzelner Klippen hin und wieder am Ufer zerstreut, darunter man sich Ruinen von Mauern und Pfeilern, Gewölben und Bogen vorstellen und unter deren einigen hindurchgehen kann.“ (Steller, von der Beringsinsel.) Ein großes Thor aus Basalt an der südlichsten Spitze Islands ist hoch genug, um kleinen Segelschiffen Durchgang zu gewähren. Keine Küste ist reicher an auffallenden Klippen, natürlichen Türmen und Pfeilern als die arktische. Öfters ist das „Natürliche Monument“ bei Godhavn (Disko-Insel), ein 12 m hoher Felspfeiler, abgebildet. Kane nannte die drei Brudertürme an der grönländischen Küste unter 79° „das Traumbild einer Burg, von dreifachen Türmen umgeben, ganz für sich dastehend“. In der Nähe fand er einen 90 m hohen Grünsteinwall, der so aus dem Kalk herausverwittert ist, daß ein hoher Felsturm sich minaretartig darüber erhebt. Kap Isabella und Kap Alexander, die Vorgebirge, die den Eintritt in dem Smithsund begrenzen, nennt Kane „die arktischen Säulen des Herkules“. Auf der Bäreninsel bilden die Steilküsten einen schroffen Gegensatz zu dem einförmigen Binnenlande: „Bald hingen sie über die Küste hinaus und bildeten durch Verwitterung der unteren Gebirgsschichten das Gewölbe über Höhlen, in die das Meer hineinspülte, bald stellten sie Profile von Gesichtern und andere bizarre Nachahmungen vor, bald wieder lehnten sie sich zurück und hatten einen nichts weniger als senkrecht stehenden Turm oder eine andere freistehende Masse vor sich, deren Gestalt deutlich bekundete, daß sie vom festen Lande losgerissen war, und daß sie mit der Zeit, wenn neue Spalten noch mehr von dem Rande des festen Landes wegnehmen und neue Einstürze stattfinden, noch isolierter dastehen werden. Durch dergleichen vertikale Spalten und durch das darauf folgende Ablösen der äußeren Stücke geht die Insel allmählich ihrem Verschwinden entgegen.“ (Keilhau.)

Längs- und Querküste.

Mag man die Ausdrücke Längsthal und Querthal in den Gebirgen für zu allgemein halten, mit Bezug auf eine bestimmte Richtung, wie eine Küste sie einhält, werden ähnliche Bezeichnungen nützlich sein. Es wird immer einer der größten Unterschiede der Küsten darin liegen, ob die Thäler und Gebirgsrücken sie im Winkel treffen oder mit ihnen parallel laufen. Denn die Küste bedeutet für uns auch hier den Sitz von Kräften, die gegen das Land hin wirken. Verläuft nun die Küste längs einem Gebirgszuge als Längsküste, so wird dieser wie ein Wall ihr entgegenstehen, sie wird einförmig an ihm entlang ziehen, ihn begleiten. Solcher Art ist die Längsküste des östlichen Italien südlich von Rimini — es ist die Küste des einförmigsten Teiles des Apennin — ganz glatt und hafenarm; solche Längsküsten gibt es auch in Guatemala und San Salvador unter raschem Wechsel mit gegliederter Querküste. Hafenarm ist die ostasiatische Küste,

wo sie zwischen 49 und 44° nördl. Breite Längsküste des Szichota Alin-Gebirges ist, hafenreich wird sie vom Kaiserhafen an, sobald sie diagonal zum Streichen des Gebirges verläuft. So finden wir überall die Verbindung beider Erscheinungen: Längsküste und Einförmigkeit, Querküste und Gliederung. Wir möchten noch an die spanische Mittelmeerküste mit ihren Stufenabbrüchen an der Innenseite von Gebirgszügen erinnern, die der Küste parallel laufen. Auch sie zeigen die Schwerzugänglichkeit und zugleich die Schwierigkeit der Verbindung mit dem Inneren über den Küstenwall weg, die immer für Längsküsten bezeichnend ist.

Die reichste Entfaltung aller Eigenschaften einer Längsküste zeigt das pacifische Amerika. Durch ganz Südamerika ziehen an der Westseite Erhebungen hin, die in der Nähe der Küste



Der See Nahuel Huapi in Patagonien. Nach Francis P. Moreno.

durch Einsenkungen voneinander und von den höheren Erhebungen weiter binnenwärts getrennt sind. Sie schaffen in Peru und Bolivia den Gegensatz der Ostkordilleren, Westkordilleren und des mit kahlen Hügeln besetzten dürren Küstenlandes, das auf bolivianisch-chilenischem Boden Atacama heißt. In Chile sind die westlichsten Züge zu eigentlichen Küstenkordilleren entwickelt, die südlich von Valparaiso scharf den Anden entgegengesetzt sind. Ausgesprochene Thalsenken trennen beide Erhebungen voneinander. Soweit herrscht die Längsküste unbedingt vor. Aber vom 40. Breitengrade an südwärts ist die westliche Kette nicht mehr Küstenkordillere, sondern Inselkette, denn in der Senke zwischen Küstenkordillere und Anden, die in Chile Weizenfelder trägt, steht nun das Meer. Die Anden ziehen als Hochland nach Süden weiter, ungebrochen, wiewohl zerklüftet; an ihrem Fuße brandet das Meer in langgestreckten Längs- und Querbuchten, Längs- und Quersunden: Längsküste, von längsweise gegliederten Inseln umlagert. Und in die alten Thäler ziehen vielgestaltige Fjorde und Fjordseen hinein (s. die obenstehende Abbildung). Wenn Nebel sich wie ein Meer über das niedere Land legen, wird man daran erinnert, daß Chile früher der Westküste von Patagonien in der Verteilung von Land und Wasser ähnlich gewesen sein muß.

„Diese Ähnlichkeit war auffallend, wenn eine horizontale Nebelschicht wie mit einem Mantel alle niederen Teile des Landes einhüllte. Der weiße Duft, der sich in die Schluchten hineinzog, bildete sehr schöne Buchten und Meerbusen, und ein einsamer Hügel, der sie überragte, zeigte, daß er früher als Insel dagestanden war.“ (Darwin.) Ein ähnliches Bild bietet Nordwestamerika. Hier ist, von Vancouver angefangen, Inselkette, was in Kalifornien und Oregon Küstengebirge war, und dahinter liegen die Längsküsten von Washington, Britisch-Kolumbia und Alaska. Wo in Kalifornien Sacramento und Joaquin in Längsthälern fließen, folgen von 49° nördl. Breite an die Längssunde von San Juan de Fuca, Königin Charlotte, Hekate, welche die „Inland-Passage“ bilden.



Die Bocche di Cattaro, Dalmatien. Nach Photographie von Alois Beer, Klagenfurt.

Wo der Gebirgsbau eines Landes von verschiedenen Richtungen beherrscht wird, ist auch die Küste entsprechend gegliedert. Die Gebirgsfalten des sogenannten griechisch-illyrischen Systems streichen südsüdöstlich, und so finden wir im Adriatischen Meere die entsprechenden insel- und küstenbildenden Bruchlinien der dalmatinischen Küste (s. die obenstehende Abbildung). Ein anderes System von Brüchen kreuzt aber in Griechenland dieses fast rechtwinkelig, und so entsteht die eigentümliche Mannigfaltigkeit der griechischen Küste. Zunächst schneiden die Golfe von Korinth und von Argos einander entgegenstrebend Griechenland in zwei rhombische Stücke, das eine im Norden, das andere im Süden: das kontinentale Griechenland und die Halbinsel des Peloponnes. Die Ecken des nördlichen Rhombus sind Kap Glossa und der Scheitel der Bucht von Saloniki, die Mündung des Aspropotamos und das Kap Kolonnäs oder Säulenkap in Attika. Außerdem schneiden noch die tiefen Buchten von Arta und Lamia einen südlichen Streifen von diesem Rhombus ab, und südlich von der auch politisch wichtigen Linie, die beide Buchten verbindet, ist durch die sich kreuzenden Buchten und Halbinseln jene reiche, für das eigentliche Griechenland so bezeichnende, aus Längs- und Querküste zusammengesetzte Steilküste vom griechischen

Typus hervorgebracht. Sie hat mit der Fjordküste den felsenhaften Charakter, die Tiefe, die Steilheit, den Insel-, Buchten- und Klippenreichtum gemein. Es ist eine ungemein formenreiche, daher auch hafenreiche Küste, in deren vielfältiger Berührungsweise mit dem Meere einst Karl Ritter das Höchste von kulturfreundlicher Küstengliederung sah. Es fehlt ihr aber der leichte Übergang von der Küste ins Innere und besonders der Zusammenhang mit den Süßwasserbecken des Landes. Sie trägt hauptsächlich den Stempel einer Einbruchs- und Brandungsbildung (s. die Abbildung, S. 429). Es fehlt ihr ferner der Parallelismus der Fjorde, das massenhafte, gesellige Auftreten derselben und die große Übereinstimmung in Gestalt und Größe der einzelnen Buchten. Ihre Formen sind breiter, rundlicher und eigenartiger, hängen viel mehr von der Art des Gesteines ab als bei den Fjorden. Wo schmale Buchten auftreten, äußerlich fjordähnlich und gleich den Fjordbecken nach innen zu tiefer werdend, wie in Istrien, ist vielleicht das Meer in schmale Einbrüche getreten, die an der Stelle von Höhlen entstanden. Diese Küstenbildung ist nicht auf Griechenland beschränkt, sie kehrt an allen Küsten unseres Mittelmeeres wieder, soweit Senkung, Einbruch und Brandung ihre Formen bestimmen. Nur die sich durchkreuzenden Gebirgsrichtungen bleiben der Südosthalbinsel Europas und ihren wechselnden Küstenformen eigen.

Ähnlich wie bei den Fjordküsten ist auch bei denen vom griechischen Typus der einstige Zusammenhang der vorgelagerten Inseln mit dem zusammenhängenden festen Lande noch deutlich zu erkennen. Lesbos, von der Gestalt eines gleichschenkeligen Dreiecks, entspricht so sehr auf seiner küstenwärts gelegenen Seite dem Festlande, daß, wenn man die Insel hinschöbe, nur ein kleiner Raum als Binnensee übrig bleiben würde; und die Entfernung der Insel vom Festland ist nur 14 km. Chios, das „menschliche Ohr", welches seine konvexe Seite dem Festlande zukehrt, ist von diesem nur durch einen 10 km breiten Kanal getrennt. Um seine Zugehörigkeit zum Festlande noch klarer zu machen, erfüllen zahlreiche kleine Inseln den trennenden Kanal. Euböa ist an der breitesten Stelle des Euripus 20 km, an der schmalsten nur 20 m vom Festland entfernt; kein Wunder, daß es auch in der Oberflächengestaltung „nur ein Fragment der vom Festlande herausstreichenden Faltenzüge darstellt". Das Gebirge von Samos, Ampelos, endlich ist klar die Fortsetzung des die Halbinsel Mykale durchziehenden Gebirges.

Versunkene Küstenthäler. Rias, Liman, Föhrden, Bodden.

Eine versinkende Küste nimmt Formen mit in die Tiefe, die am Lande entstanden waren. Lockere Formen, wie Dünen, spült das steigende Meer weg, haltbare Formen, wie Thäler im festen Gestein, konserviert es. In einer weitverbreiteten und formenreichen Gruppe von Küsten öffnen sich nach dem Meere Thäler, die durch Faltungen oder Einbrüche entstanden sind oder von fließendem Wasser oder Eis ausgehöhlt wurden, und in die erst später durch eine Vergrößerung des Wasserspiegels das Meer hineintrat. Bei diesem Eintreten des Wassers bildeten sich die Folgen einer Überschwemmung heraus. Die Hohlformen des Bodens wurden zugedeckt, während die gewölbten Formen als Halbinseln übrig blieben, von denen wieder Inseln und Klippen abgeschnitten wurden. Am Nordrande des Ligurischen Meeres sind Thäler bis 7600 m Entfernung vom Land und 900 m Tiefe nachgewiesen, und es sollen dort Thalwände von 200 m Höhe unter dem Meere vorkommen. Untermeerische Thäler, die mit Glazialschutt ausgefüllt und daher als präglazial zu erkennen sind, liegen im Meere vor der Südküste von Wales. Vielleicht gelingt es noch, in mancher Meeresstraße ein untergetauchtes Thal zu erkennen. Auch Buchten werden als untergetauchte Thalstücke erkannt; bei Cienfuegos und San Jago de Cuba sind die alten Thalwände von Korallenriffen umsäumt und überhöht. Wo vulkanische Hohlformen an eine Küste herantreten, entstehen Buchten und Halbinseln, deren Umrisse ebenso entschieden vulkanisch sind. Hier kommen fast abgeschlossene, kreisförmige Häfen oder regelmäßig



Die Bucht von Ajaccio auf Korsika.

Nach Photographie.

geformte, von steilen Wänden umschlossene Buchten vor. Wir sehen sie zwischen Pozzuoli und Ischia in den merkwürdigen Küstenformen der Bucht von Bajä, im Porto di Miseno, Porto di Procida und im Hafen der Insel Nisida (vgl. die Karte, S. 135); in gleicher Weise wiederholen sie sich auf der Südhalbkugel auf dem Isthmus von Auckland in Neuseeland.

Die Riasküsten entstehen, wo Gebirge mit der Küstenrichtung einen mehr oder weniger großen Winkel bilden. Die Brandung dringt zwischen die Gebirgsfalten und Gebirgswölbungen ein, und die, wie überall an Querbrüchen der Gebirge, wechselnden Gesteinsarten kommen der Zersetzung entgegen. Die Brandung nimmt weicheres Gestein fort, löst Inseln aus dem Zusammenhang heraus. So entsteht eine an breitgeöffneten Buchten, weniger an Inseln reiche



Küstenpartie von Corfu. Nach Photographie von Alois Beer, Klagenfurt. Vgl. Text, S. 428.

Küste (s. die beigeheftete Tafel „Die Bucht von Ajaccio“), die sehr ähnlich den Fjordküsten werden kann, von diesen aber durch die Abhängigkeit von dem Gebirgsbau des Landes, die langsame und regelmäßige Zunahme der Tiefe nach dem Ausgange der Buchten, die fortdauernde Zersetzung und die vom Buchteninneren her bei geringen Tiefen rasch fortschreitenden Ablagerungen unterschieden wird. Die Küstenlänge der Rias übertrifft um das Fünffache die Länge des glatten Umrisses. Diese im Verhältnis zu den Fjorden geringe Gliederung beruht hauptsächlich auf der Inselarmut. Von der Küstenlänge von Korsika von 1124 km nimmt die der Inseln nur 77 km, also 7 Proz., ein, von der der Rias von Galicia (s. die Karte, S. 430) 20, von der Bretagne 19 Proz.

Ausgezeichnete Beispiele von Riasküsten bieten die Bretagne, das nordwestliche Spanien, die Westseite von Korsika, das nordöstliche Neuseeland. Dabei lassen sich leicht zwei Typen unterscheiden. Die korsische Riasküste hat einfache, keilförmig mit Winkeln von 60° nach innen sich verschmälernde Buchten von oft großer Übereinstimmung in Form und Größe und wenige kleine Inseln; die Riasküste mit verzweigten Buchten vom Typus der Bretagne zeigt abwechselnde Gestaltung; besonders liegt ihre größte Breite nicht immer am Ausgang. Die

Bucht von Saint Malo hat im Hintergrund 3,9 km Durchmesser, beim Ausgang nur 2,4 km. Dabei hat sie zahlreiche Inseln; die galizischen Rias stehen zwischen den beiden, sind teils einfache Keilbuchten von 30° Öffnung, teils verzweigt und haben wenige, aber größere Inseln.

Was Fjorde und Rias verbindet, ist das Eintreten des Meeres in Thäler des Landes. Sie setzen also beide zuerst eine Küste mit meerwärts sich öffnenden Thälern und dann eine Versenkung voraus. Die erste Übereinstimmung führt aber noch eine ganze Reihe anderer mit sich,

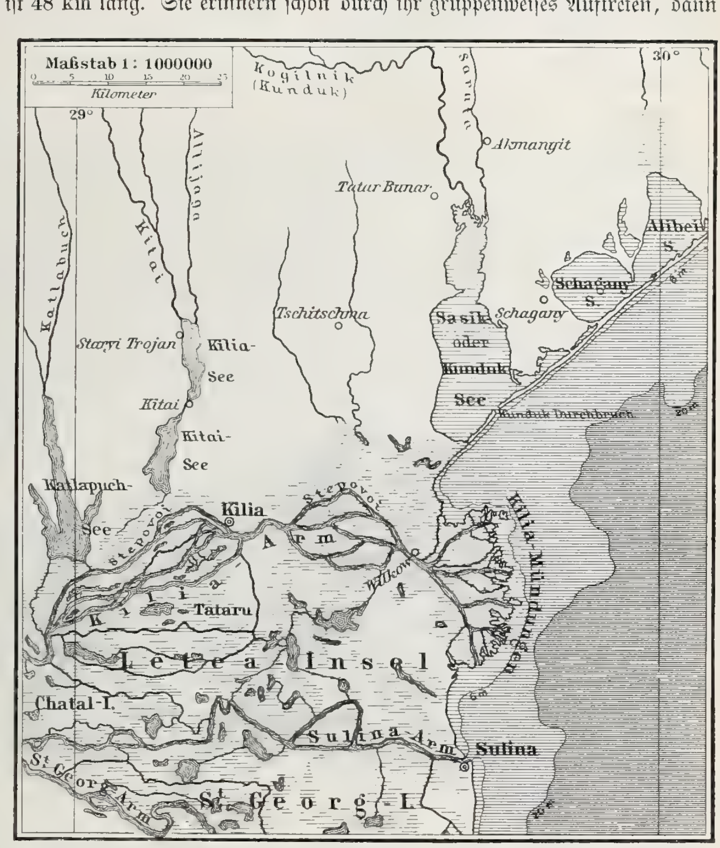


Die Riasküste von Ferrol an der Nordwestküste Spaniens. Nach der englischen Admiralitätskarte. Vgl. Text, S. 429.

die darin beruhen, daß Thäler nicht eine isolierte Erscheinung, sondern mit anderen Bodenformen ihres Landes verwandt sind. Daher wiederholt sich in Fjorden wie in Rias die Richtung der Meeresbucht in dem Thal, das in sie mündet, und setzt sich oft noch weiter landeinwärts und landaufwärts fort. Eben deswegen ist in beiden der Parallelismus der Küstenbuchten, Halbinseln und Küsteninseln nur der Ausdruck des Waltens desselben Parallelismus in ihrem Lande. Wenn wir den kürzesten Ausdruck für beide suchen, indem wir sagen: zerklüftete Küsten, die so weit gesunken sind, daß das Meer in ihre Thäler eintreten konnte —, so bleibt nur noch die Art der Zerklüftung übrig, die den allerdings bedeutenden Unterschied zwischen beiden bewirkt.

Ein besonders ausgezeichnetes Beispiel von Riasküsten bietet das südliche China in seiner durch fast 10 Breitengrade nach Ostnordosten streichenden Küste, die eine lange Reihe von Gebirgszügen quer abschneidet. Zahlreiche Flüsse treten zwischen den Höhenzügen heraus, das Meer ist durch eine Senkung des Landes in ihre Thäler eingedrungen, wo es tiefe, oft vielgewundene und verzweigte Buchten bildet, die mit Anschwemmungen in einem Maße gefüllt sind, wie wir es bei Fjorden niemals finden.

Die sechs keilförmig ins Land eindringenden, gleichgerichteten, durch schmale, spitze Halbinseln voneinander getrennten Buchten Südwestirlands sind sehr eigentümliche Erscheinungen. Die größte von ihnen, die Dingle-Bai, ist 48 km lang. Sie erinnern schon durch ihr gruppenweises Auftreten, dann durch ihre Gleichrichtung und durch die Fortsetzung dieser Richtung in Klippen und Inseln an Fjorde. Aber diese Buchten, die ebenso bedeutsam für die Gestalt, wie durch ihre Lage wichtig für den Verkehr Irlands sind, stellen ebenso viele ausgewitterte Kohlenkalkmulden im alten roten Sandstein dar. Wo nordwärts von diesen die Küstenlinie gleichmäßiger verläuft, ist auch sofort ihre geologische Zusammensetzung durch Vorwalten des Kohlenkalkes viel einfacher.



Limanbildung nördlich der Donaumündung. Nach der englischen Admiralitätskarte und anderem Material.

Zu beiden Seiten des Donaudeltas greifen in die Küste des Schwarzen Meeres seichte Buchten tief hinein, von den Russen Liman genannt (s. nebenstehende Karte). In ihren Hintergrund münden Flüsse, deren Schwemmstoffe die Buchten zum Teil schon ausgefüllt haben. Dabei ist der Gesamtumriß der Küste einfach, sie ist insellos oder inselarm, und ihr einfacher Verlauf gestattet den Strömungen wenig gehinderte Sedimentversetzung. In Gezeitenmeeren trägt der Ebbestrom dazu bei, die Mündungen der Flüsse sedimentfrei zu erhalten; so entstehen Ästuarien. Solche Küsten findet man auch im nordwestlichen Teil des Golfes von Mexiko, am Ostufer des mittleren Nordamerika in der Gegend der Delaware- und Potomac-Mündungen, an der westlichen Guineaküste (s. die Karte, S. 432), an der Südküste von England. Äußerlich erinnern diese Küsten an gewöhnliche Haffküsten, aber sie grenzen immer Schollenländer gegen seichte Meeresteile ab, die in den Unterlauf versenkter Thäler eingedrungen sind. Die Limanküsten stimmen bei aller Mannigfaltigkeit im einzelnen doch immer mit den Bodenformen ihres Landes überein. Da sie untergetauchte Fortsetzungen von Thälern sind, nehmen sie auch in der Regel meerwärts an Tiefe

zu. Das Versinken muß so rasch eingetreten oder der Schutt in höher liegenden Seen abgelagert worden sein, daß Deltabildung nicht möglich war.

Der cimbrische Küstentypus schließt sich eng an die Limanküste an, auch hier dringt das Meer in ein buchtenreiches Land ein, dessen Umrisse indessen viel mannigfaltiger und infolge von glazialer Durchpflügung bis zur Zerschneidung zerrissen sind. Indem diese Buchten sich nach allen Seiten hin verzweigen, treten sie sogar in Berührung miteinander, es entstehen Sunde, netzförmige Verzweigungen von Kanälen unter entsprechender Zerlegung niedriger Tafeln in Inseln wie im nördlichen Teil der Cimbrischen Halbinsel (s. die Karte, S. 434) und an den dänischen Inseln oder im nordamerikanischen Polararchipel. Einzelne Einbuchtungen an diesen Küsten treten als vereinzelte, lange, ziemlich schmale, unverzweigte Buchten auf, in deren



Limanlagunen an der Elfenbeinküste. Nach Binger, Carte du Haut-Niger au Golfe de Guinée, 1:1,000,000. Vgl. Text, S. 431.

Richtung ein Anklang an den Parallelismus der Fjordküsten nicht zu verkennen ist. Da auch die Tiefen, wiewohl im ganzen gering, keineswegs regelmäßig in der Länge dieser sackartigen Einbuchtungen verteilt sind und sogar Bodenschwellen an der Mündung einzelner von ihnen vorkommen, ist eine Ähnlichkeit mit den Fjorden nicht abzuleugnen, die denn auch längst in dem niederdeutschen Namen Föhrden, das sind die Einbuchtungen an der schleswigschen Küste, ausgesprochen worden ist; diese sind ursprünglich Thäler interglazialer Flüsse, dann von Gletschern durchflossen gewesen, die sie vertieft und verbreitert und sie mit Endmoränen umgeben haben, bis zuletzt eine Senkung das Meer eintreten ließ (vgl. auch S. 438).

Nahverwandt ist die Boddenküste. Bodden nennt man an der Ostsee zwischen Trave und Oder breite, unregelmäßig verästelte Buchten, die tief in das Land eingreifen und vom Meere durch Inseln, Halbinseln oder auch nur Dünenstreifen getrennt sind. Die Bucht von Wismar, der Saaler Bodden, der Grabow, der Stralsunder und Greifswalder Bodden, das Stettiner Haff wiederholen diese charakteristische Form, die auch in der Gestaltung Rügens (vgl. die Karte, S. 315) hervortritt. Heute sind die Bodden flache Teilbecken der Ostsee von unregelmäßiger Bodengestalt; ursprünglich waren sie Thäler und Seen und zeigen in ihren

Bodenformen bis heute die Merkmale fließenden Wassers. Inselreichtum ist, entsprechend der großen Mannigfaltigkeit der Bodengestalt, dieser Küstenform eigen, deren Festlandumrahmung nicht selten aus verkitteten Inseln besteht. Diese beiden Küsten sind zugleich echte Schuttküsten.

Daß Schuttwände steil ans Meer herantreten können, wissen wir von der deutschen Ostseeküste (s. S. 424). Ebenso wie hier sind auch sonst in hohen Breiten Glazialablagerungen hart am Meere aufgebaut (s. die untenstehende Abbildung und die auf S. 316). Sie werden aber immer nur an seichten Meeren von Bestand sein, denn wo sie der Tiefsee gegenüberliegen, nimmt sie die Brandung in die Tiefe. Aber an flache Küsten spült die Brandung immer den Schutt in gesichtetem Zustand zurück und bildet einen flachen Saum vor der Schuttküste. So ist



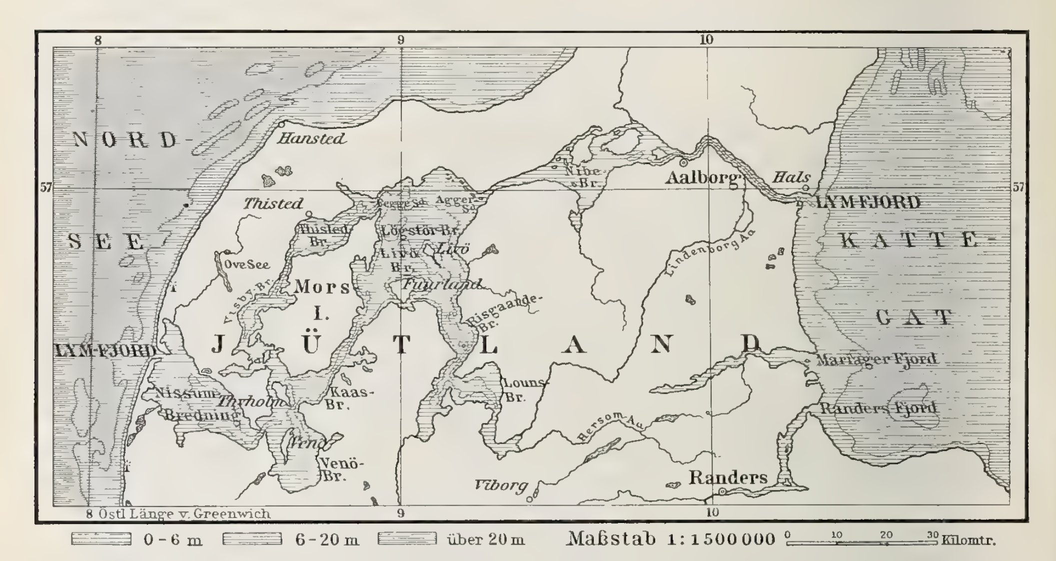
Seehundsklippen an der Küste der Insel Gotska Sandö, Schweden. Nach Photographie.

die Marsch vor der Geest, so der Sand vor dem Moränenwall ausgebreitet; es entsteht also eine doppelte Küste: eine verhältnismäßig steile Schuttküste mit einem flachen Saum von Marschland oder von Sanddünen.

Die Küsten der Polarländer.

Die Küsten der Polarländer sind eigentümliche Steilküsten und zwar zweierlei Art: entweder Steilküsten, weil sie aus Eis (vgl. im 2. Bande den Abschnitt „Inlandeis") bestehen, denn Eisküsten sind Steilküsten, und die Höhe des Eisabfalles steigt von 10—15 m an den Küsten kleinerer antarktischer Inseln bis zu 90 m eigentlicher Inlandeisränder, die an einzelnen Stellen des Viktorialandes auf 150 m anwachsen; oder sie sind Steilküsten, weil ihr Land gesunken ist. Dazu kommen beträchtliche Tiefen des Meeres vor diesen Eisküsten, z. B. 745 m, die Roß vor dem eisgepanzerten Viktorialand maß. Eismeerküsten können auch Steilküsten vom schroffsten Abfall sein, vermöge ihrer rein felsigen Beschaffenheit, die sie auf weite Strecken hin

überhaupt unzugänglich macht, da der Zersetzungsschutt immer vom Eise weggeführt wird. An der ostgrönländischen Küste hat man zwischen Kap Hegemann und Kap Dan einen Steilabfall des Ingolf-Fjeld von 1740 m gemessen. Den Smith-Sund begleitet in 70 km Länge eine 250 bis 450 m hohe Küste; bei Kap Sabine erhebt sie sich in kühnen Dolomitklippen fast senkrecht aus einem Trümmermantel von 40° Neigung. Auf den Klippen liegt Schnee, zwischen denselben treten Gletscher aus tiefen Thaleinschnitten hervor. Nur im Hintergrunde der Fjorde liegen ganz kleine Stücke Flachküste. Eine ganz seltene Erscheinung ist der zwischen deltaartigen Inseln sich ergießende Langfluß an der Küste von Boothia Felix. In Spitzbergen sind Sand- und Kiesstreifen an den Küsten nicht selten, in Grönland kommen sie nur in schmalen Säumen als die oberen Ränder unterseeischer Schuttkegel vor, die in manchen Fällen gesunkene Moränen



Der Lymfjord. Nach der dänischen Generalstabskarte. Vgl. Text, S. 432.

sein werden. Kane hat in Nordwestgrönland 0,5 m mächtige Torflager hart am Meeresrand abschneiden sehen, was als ein fast sicheres Zeichen von Senkung angesehen werden kann.

Begriff und Wesen der Fjorde.

Fjorde sind schmale und tiefe, meist von steilen Wänden eingefaßte Einbuchtungen, die wie Schluchtenthäler von der Küste in das Innere eines Landes vordringen. Sie treten gewöhnlich nicht vereinzelt, sondern gruppenweise, ja massenweise auf und mit ihnen zahlreiche Inseln und Klippen (an Norwegens Küsten zählt man 150,000). Häufig dringen sie senkrecht oder doch in sehr steilen Winkeln in das Land. Oft treffen zwei solcher Einbuchtungen aufeinander und schließen eine dreieckige Insel oder Inselgruppe zwischen sich ein. Fjordküsten sehen auf den Karten wie ausgefranst aus; wie der Fransensaum eines Teppichs liegt die Fjordküste vor dem zusammenhängenden Lande. Dem, der sich ihnen in Norwegen, Grönland oder Neuseeland von der See her naht, stellen sie steile, auch überhängende Felswände von 700—800 m Höhe entgegen, die so unvermittelt abfallen, daß an ein Landen nicht zu denken ist. Wasserfälle von vielen Hundert Metern Höhe überfließen sie, deren milchweiße Strähnen aus der Höhe oft in Bogen herabschießen, ohne die Felswand zu berühren. Und will der Schiffer in einem von den

tausend „Einlässen" Anker werfen, so sucht er vielleicht vergeblich ein paar Schritte vom Lande den Grund zu erreichen; denn die Fjordbecken reichen oft tief hinab. Und doch ließe, gerade wie bei den Hochgebirgsseen, die Steilheit der Wände noch größere Tiefen vermuten. Von solchen Steilabfällen erwartet man, daß sie bis zu ozeanischen Tiefen hinabführen, und stößt doch plötzlich auf den ebenen oder flach kesselförmigen Grund. Fjorde werden manchmal auch von Einsenkungen gekreuzt, die parallel zur Küste verlaufen, wodurch ein großer Inselreichtum entsteht. Innerhalb der Abschnitte, die durch große Fjordbuchten oder Fjordstraßen abgegrenzt werden, treten kleine Fjorde auf. Das Inseldreieck, das von zwei aufeinandertreffenden Fjordbuchten aus der Küste herausgeschält wird, wird wieder von kleineren Fjorden zerschnitten oder doch ausgefranst. An der Südspitze Grönlands treffen zwei Fjorde der West- und Ostküste aufeinander und schneiden die Christian IV.-Insel ab, und von dieser schneidet wiederum ein Fjord das Felseninselchen ab, das die Südspitze Grönlands und Kap Farewell trägt. Treffen die beiden Fjorde nicht zusammen, so bleibt das Dreieck durch einen schmalen Hals mit dem Festlande verbunden. Ein schönes Beispiel dafür ist Contanticut in der Fjordgruppe von Narragansett in Nordamerika.

Der nordische Name „Fjord" für Meeresbucht hat sich erst allmählich mit dieser bestimmten Küstenform verbunden. Früher hat er einen viel weiteren Umfang gehabt. In Norwegen, dem klassischen Gebiete der Fjorde, versteht man unter Fjord sowohl eine schmale, tiefe Bucht als eine schmale Meeresstraße; letztere aber wird auch Sund genannt. Skjaergaard (Schärenflur) heißt der Inselkranz der norwegischen Fjordküste. Das isländische fjördur, das schwedische fjärd entspricht dem norwegischen Worte. Der deutsche Name Föhrde und der englische Firth bezeichnen ursprünglich tiefe Buchten überhaupt. Im Englischen wird auch Inlet, im Französischen Enfoncement für Fjordbucht gebraucht, im Spanischen der Chilenen Rio, Estero, auch Ensenada, d. h. kleine Bucht. In Schottland und Irland bezeichnet man Fjordbuchten mit demselben Namen wie die in ihrer Verlängerung liegenden Seen: loch. Von amerikanischen Hydrographen kann man selbst auf die Hafenbuchten in der Kap Cod-Bai den Namen Fjord anwenden hören. Das ist ebensowenig zu billigen wie die Verwendung des Wortes Fjord zur Bezeichnung schmaler Buchten und Straßen in Korallengebieten jeder Art, wie sie besonders neuerdings in französischen und englischen Reiseschilderungen um sich greift, oder die Bezeichnung einer tiefen, schmalen Lücke in der Eiswand des antarktischen König Oskar-Landes (bei Larsen) als Fjord.

Die Fjordküsten gehören zu den Erscheinungen, die überall, wo sie vorkommen, einander außerordentlich ähnlich sind. Die Ausdrücke des Erstaunens über die Wiederkehr derselben Bilder findet man ungemein oft in den Werken von Reisenden, die Fjordgebiete berührten. Cook verglich Feuerland mit Norwegen, Darwin wurde eben dort durch den Beaglekanal „mit seiner Kette von Fjorden und Seen" an den Loch Neß erinnert. Nansen sagt im Anblick des Ameralikfjords in Grönland: „Ein Gefühl der Heimat überkam uns; wir hielten mit dem Rudern inne. Genau so liegen die wetterzerklüfteten Inseln im Meere, der aufspritzende Meeresgischt, der liebkosende Sonnennebel umgibt sie, und dahinter erhebt sich das Land, erstrecken sich die Fjorde. Kein Wunder, daß unsere Vorfahren sich von diesem Lande angezogen fühlten."

Cooks Schilderung der Küste des Feuerlandes ist die älteste Schilderung einer Fjordküste und enthält schon alle Elemente einer solchen. Die Westküste machte ihm, als er sich ihr (1774) zum ersten Male näherte, den Eindruck einer sehr zerrissenen, stellenweise einer in lauter Inseln aufgelösten Küste. Zwischen Kap Gloucester und den Landfallinseln fand er die Buchten mit Felsen, felsigen Inseln und Klippen übersät. Mehrmals hielt er Felsvorsprünge, die durch schmale Landengen mit der Insel zusammenhingen, für besondere Inseln, so Kap Noir, und war bei einigen der Fjorde um den 54.° südl. Breite im Zweifel, ob er nur „inlets" oder Meeresstraßen vor sich habe, die vielleicht in die Magalhãesstraße führen könnten. Häufig erwähnt er Inseln in der Mündung der Fjorde und war dann um so erstaunter, wenn er im Inneren einer solchen geschützten Bucht bei 170 Faden keinen Grund fand, und noch mehr, wenn er im Hintergrunde des Seitenzweiges eines Fjordes tiefere Stellen als an der Abzweigung lotete. Die Schwierigkeit, eine Fjordbucht von einer Fjordstraße zu unterscheiden, fand er so groß,

daß er selbst der von einigen gemachten Angabe, daß Kap Hoorn einer Insel angehöre, nicht zu widersprechen wagte, wegen der Schwierigkeit, an einer solchen Küste Insel und Festland auseinander zu halten. Auch sein wissenschaftlicher Begleiter Reinhold Forster hat sehr treffend Feuerland eine Inselgruppe genannt, „welche von mehreren tiefen Armen der See durchschnitten wird".

Größe und Tiefe der Fjorde.

An manchen Küsten erreichen einzelne Fjorde eine große Länge. In Norwegen ist der Sognefjord (s. die beigeheftete farbige Tafel „Der Sognefjord") 187, der Hardangerfjord 156, der Nordfjord 121 km lang. Hamilton Inlet, der größte Fjord von Labrador, zieht 160 km ins Land hinein. Der Franz Josefs-Fjord in Ostgrönland durchschneidet fast ein Drittel der Insel. Seine Entdecker glaubten, daß er vielleicht die ganze Insel zerklüfte: mit Unrecht; aber er hat doch immer über 100 km Länge. Der Beaglekanal in Feuerland ist über 200 km lang und sehr gleichmäßig 3—4 km breit; auf weite Strecken ist er ganz gerade. Im Vergleich zur Länge ist die Breite der Fjorde gering. Der Lysefjord ist ungefähr 60mal länger als breit. Er ist 40 km lang und an den schmalsten Stellen nur 0,6 km breit. Ähnliche Verhältnisse sind häufig. Die mittlere Breite des Sognefjords mit 187 km Länge ist nur 4,8 km, wenn er auch an einigen Stellen beträchtlich verbreitert ist. In der Fjordregion des Puget-Sundes (Nordwestamerika) beträgt die durchschnittliche Breite der Fjorde nicht mehr als 1,2 km; 2,8 km sind die größten Breiten der Fjorde an der Küste des Staates Maine in Nordostamerika. Viele sehr lange Fjorde gehören zugleich zu den schmalsten, wenn auch bei ihnen die Einmündung von Seitenfjorden häufiger vorkommt, wo dann gewöhnlich örtliche Ausbreitungen entstehen. Nicht immer sind die längsten Fjorde einer Küste die tiefsten, man findet vielmehr häufig kleine Fjorde, die in ihrer Gruppe durch Tiefe hervorragen.

Die Fjorde werden mit Recht als tiefe Buchten bezeichnet. In norwegischen Fjorden sind Tiefen von 1240 m gelotet worden, in neuseeländischen von 400, in grönländischen von 320 m. Es gibt auch weniger tiefe Fjorde. Dazu gehören die schottischen, die in der Regel nicht über 60 m tief sind, die irischen, die von Maine und vom Puget-Sund. Aber einzelne größere Tiefen gibt es auch in ihnen. In vielen Fjorden liegen die größten Tiefen hart am Lande. Schon Cook hat darauf hingewiesen; er fand im Eingange des Christmas-Sundes in Feuerland 37 Faden Tiefe, im Hintergrund mehr als 100 Faden. Und auch die geringen Tiefen treten deutlicher hervor, wo ein ganz seichter Meeresstreifen gerade an der Schwelle des Fjordes liegt, oder wo dieselbe Tiefe wie im Hintergrunde des Fjordes erst 100 km weiter draußen auf hoher See wieder gemessen wird. Die geringen Tiefen sind übrigens nicht bloß auf die Fjordeingänge beschränkt. Sehr oft ist ein seichtes Meer überhaupt der Fjordküste vorgelagert, so daß auf einer Tiefenkarte die Fjorde wie tiefe, rings abgeschlossene Seen erscheinen. So liegt vor den norwegischen Meeren mit ihren tiefen Fjorden ein Meer von durchschnittlich nicht über 200 m Tiefe. Auch die im Vergleich zu den seichten Vormeeren gewaltige Tiefe von über 1045 m in der Magalhãesstraße gehört hierher; ist doch die ganze Magalhãesstraße mit allen ihren tiefen Kanälen und schmalen Buchten ein echtes Fjordgebiet.

Es gibt noch andere Besonderheiten in der Verteilung der Tiefen in den Fjorden. In der Regel sind die schmalen Abschnitte eines Fjords tiefer als die breiten. Wo ein Seitenarm einmündet, verbreitert sich der Fjord seenartig, und damit wächst auch die Tiefe. Die des Sognefjords wächst von 640 auf 930 m, wo er den Aardalfjord aufnimmt, und nach Aufnahme aller oberen Seitenarme wächst sie noch mehr, nämlich auf 1220 m; diese ungewöhnliche Tiefe behält der Sognefjord auf 58 km Länge bei. In scharfen Biegungen der Fjorde liegt die größte

DER SOGNEFJORD IM SÜDWESTLICHEN NORWEGEN.

Tiefe meist an dem schwächer gekrümmten Ufer. Selten bildet ein Fjord ein Becken von einheitlicher Bodengestalt, vielmehr umschließt er verschiedene Tiefen, die durch unterirdische Schwellen voneinander getrennt werden. Man kann oft diese Tiefen verfolgen, wie sie am Faden der gemeinsamen Richtung aufgereiht hintereinander folgen.

Indessen sind alle diese Verhältnisse nicht als ausnahmelose Regeln aufzufassen. Flüsse und Meeresströmungen tragen von verschiedenen Seiten her Schutt in die Fjorde und verwischen mit der Zeit manche Eigentümlichkeiten der Bodenform. In den Fjorden von Maine, die in einem Meere liegen, das fünf Seemeilen von der Küste meist nicht viel über 50 m tief ist, sind Untiefen im Hintergrund und wieder in der Mündung zu finden, dazwischen aber kommen, unregelmäßig in der Längslinie verteilt, größere Tiefen vor. Hier sind auch manche Seitenäste der Fjorde der Ausfüllung nahegekommen. Auch die Fjorde im Puget-Sund sind am seichtesten an ihren äußersten Enden und in ihren letzten Verzweigungen.

In vielen tiefen Fjorden hat das Lot Felsboden berührt, und besonders ist auch Fels in den Schwellen am Fjordeingang nachgewiesen. Doch liegen ohne Zweifel manchmal auch Schuttwälle in den Fjordtiefen.

Fjordstraßen.

Es gibt Meeresstraßen, die vollkommen den Eindruck von Fjorden machen, obwohl sie an beiden Enden offen sind. Ihre Entstehung scheint auf den ersten Blick nicht anders als durch den Durchbruch eines Fjordes erklärt werden zu können. Diese Fjordstraßen sind schmal, auf weiten Strecken steil- und parallelwandig, nicht selten durch eingeschobene Inseln an ihrer Mündung gegabelt. Treten aber Inseln in ihrem Verlaufe auf, so sind diese in derselben Richtung wie die Straße gestreckt (vgl. die Karten auf S. 322 und 323).

Fjordstraßen schneiden oft in einer willkürlichen Weise ein, die im Bau eines Landes nicht begründet ist. Die Ostinsel der Falklandsgruppe wird durch den Choiseul-Sund und den Brenton-Sund so in zwei Hälften geteilt, daß nur ein 2 km breites Band der Inselhälften übrigbleibt. Auch kommen Fjordstraßen gern in Gesellschaft von wirklichen Fjorden vor. Es gibt Fjorde, die sich in Fjordstraßen fortsetzen; so trennt die Fortsetzung des Firth of Clyde Arran vom Festland, und Kilbrannan-Sund, ebenfalls an der schottischen Westküste, ist die Fortsetzung des Loch of Fyne. Und endlich treten die Fjordstraßen oft gleich den Fjorden gesellig auf. Zu den merkwürdigsten Fjordstraßen scheinen die zu gehören, welche die sechs Inseln der Hauptgruppe der Südshetlandinseln voneinander trennen: fast genau gleichgerichtete, schmale, steilwandige Straßen. Es ist wichtig, die Fjordstraßen zu betonen, weil sie unsere Vorstellung von der Natur der Fjorde vervollständigen. Weil sie aber auch dort vorkommen, wo eigentliche Fjorde weniger entwickelt sind, bieten sie ein wichtiges Mittel zur Erkenntnis der Verbreitung der Fjordbildungen überhaupt. So hat Nowaja Semlja keine eigentlichen Fjorde, aber Matotschkin Schar, die Straße zwischen der Süd- und Nordinsel von Nowaja Semlja, ist eine echte Fjordstraße von mehr als 100 km Länge bei 1—4 km Breite. Im nordamerikanischen Polar-Archipel sind echte Fjorde nicht häufig; aber die Franklinstraße und die Prinz von Wales-Straße sind um so fjordähnlichere Meeresstraßen.

Mit der Fjordähnlichkeit der Fjordstraßen hängt die Rolle der Fjorde in der Entdeckungsgeschichte zusammen. Ungemein oft sind Fjorde für Meeresstraßen gehalten worden. Einer der bekanntesten und frühesten Fälle ist das Vordringen Hendrik Hudsons in den nach ihm benannten fjordähnlichen Fluß, an dessen Mündung heute New York gelegen ist; Hudson war der Meinung, hier den Anfang der nordwestlichen Durchfahrt gefunden zu haben. Das Süßwasser bei Albany belehrte ihn eines Besseren.

Parry folgte auf seiner zweiten Reise der York-Bai bis ans Ende, immer im Glauben, in einer Meeresstraße zu segeln; und den Nachweis, daß Hoppners Inlet und Repulse-Bai (Melville-Halbinsel) keine Meeresstraßen seien, betrachtete er als ein wichtiges Ergebnis. Wie lange war man zweifelhaft, ob Baffinsland ein Archipel oder ein geschlossenes Land sei! Und die Zweifel an dem Zusammenhange Grönlands, die Männer wie Giesecke, Scoresby und Payer hegten, gründeten sich auf die Ansicht, daß einige der langen Fjordbuchten das Land zerschneiden könnten. In der Entdeckungsgeschichte Neuseelands begegnen wir einer ähnlichen Täuschung, nur im umgekehrten Sinne. Cook sah das Südende der Stewartsinsel als das Südkap Neuseelands an, und diese Anschauung behielt Geltung, bis Blosseville die Foveauxstraße entdeckte. Aber Cook hebt bereits die gleichmäßige Breite von 10—12 Seemeilen dieser Straße und ihren die Einfahrt erschwerenden Insel- und Klippenreichtum hervor. Wenn er diese Foveauxstraße für eine Fjordbucht hielt, so nahm er umgekehrt die Fjordbucht unter 44° 15′ südl. Breite für eine Straße und belegte sie, als er seinen Irrtum erkannte, mit dem Namen Treacherous Bay. Ebenso sprach Dumont d'Urville in 42° 7′ südl. Breite von einem sehr tiefen Einschnitt (ravin), der den trügerischen Anschein einer schmalen Meeresstraße erweckte. Übrigens ist es noch heute nicht ganz ausgeschlossen, daß z. B. Palmerland in der Antarktis ein Ganzes ist; es könnte durch einen Sund (Fjordstraße) zwischen Dallmann-Bai und Rosenstraße zerschnitten sein.

So wie den Fjorden Fjordstraßen zur Seite stehen, so den Föhrden vom cimbrischen Typus Föhrdenstraßen: lange schmale gewundene Straßen von wechselnder Tiefe. Das Muster einer solchen Straße ist die Menaistraße, die Anglesey von Wales trennt: eine seichte Meeresstraße von 20 km Länge, deren Tiefe nirgends 20 m erreicht. Eine Hebung von 12 m würde fast die ganze Straße in ein sumpfiges Thal verwandeln, wie es ganz ähnlich als Malldreath Marsh nördlich von dieser Straße durch Anglesey zieht. Ramsay nannte die Menaistraße ganz richtig „eine Art Fjord mit flachen Ufern“.

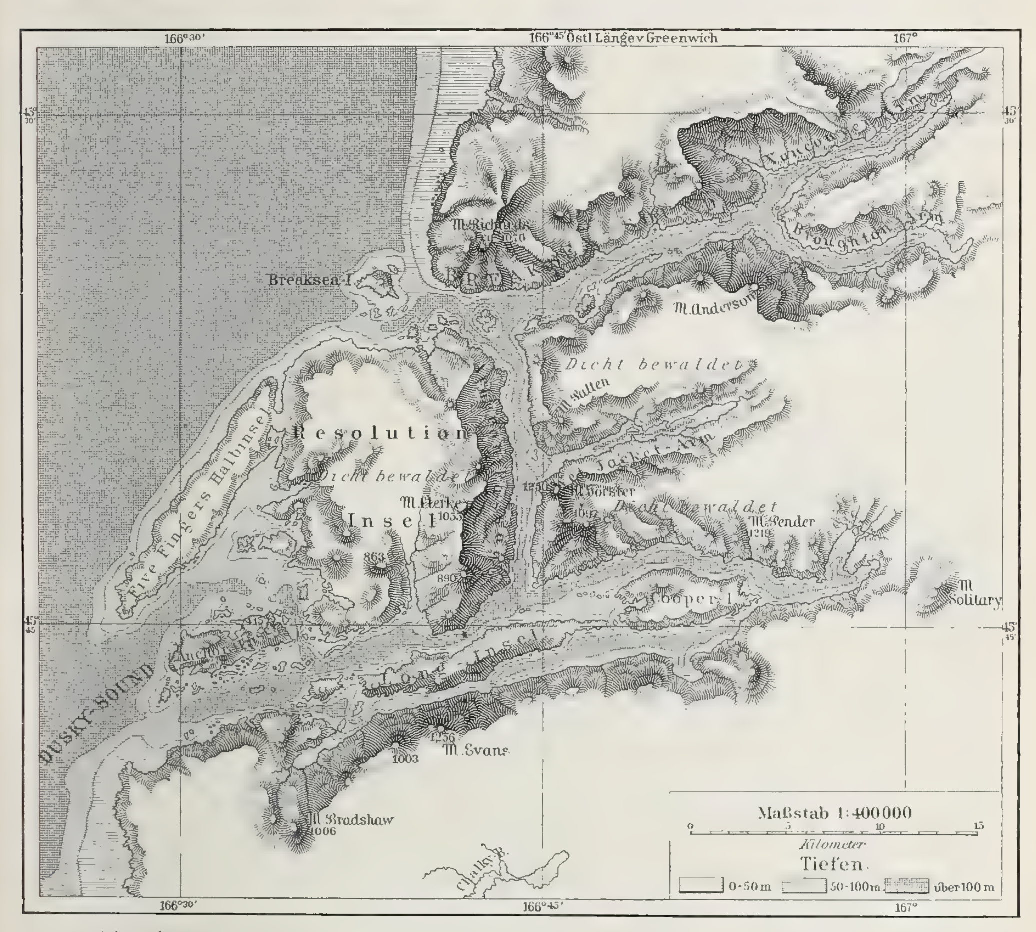
Die Fjorde und das Land.

Die Fjorde gehören niemals bloß der Küste an. Man pflegt zu sagen: sie setzen sich in das Land hinein fort; doch würde man besser sagen: in der Fjordlandschaft setzt sich das Land in das Meer hinein fort. Denn gerade wo Fjorde von der Küste in das Land übergehen, erkennt man, daß sie Landgebilde sind, die das Meer sich zu eigen gemacht hat, und man sagt mit Darwin (von Feuerland): Meeresbuchten nehmen hier die Stellen ein, wo Thäler sein sollten. Wo liegt der Anfang oder das Ende eines Fjordes? Da ein Fjord ein Kütseneinschnitt und ein Thal ist, kann sein Ende nur am oberen Ende seiner Rückwand liegen, also in Norwegen dort, wo der Thaleinschnitt auf dem Hochland beginnt, der später draußen am Meere endigt. Daß die Fjorde keine reine Küstenbildung sind, ergibt sich am klarsten aus ihrer Fortsetzung durch die Länder, wobei an entgegengesetzten Seiten die gleiche Richtung in auffallender Weise zum Durchbruch kommt. Wer kann bei der Betrachtung der Karte von Schottland zweifeln, daß Firth of Lorne, Firth of Linnhe und Moray Firth mit dem dazwischen liegenden Loch Neß und der Rinne des Caledoniakanals ein Ganzes bilden? Eine unbeträchtliche Landsenkung würde eine in einer Linie ziehende Meeresstraße von Oban bis Inverneß herstellen. Ebenso sagt man sich bei der Betrachtung der Karte von Island: Würden die Fjorde der Nordwestküste ein wenig verlängert, so würde die nordwestliche Halbinsel Islands abgelöst und in eine Inselgruppe geteilt werden. Diese Inselgruppe hätte in vielen Beziehungen große Ähnlichkeit mit den durch Fjordstraßen zerschnittenen Färöer.

Ähnliche Erwägungen legt der Vergleich der Westseite der Südinsel Neuseelands, in die 13 Fjorde (s. die Karte, S. 439) eingeschnitten sind, mit der Ostseite nahe, auf der die ihnen entsprechenden Seen liegen. Die Südostrichtung der größeren Fjorde und großen Abschnitte von Flußthälern sowie von Fjordstraßen der patagonischen Westküste, sich wiederholend auf der östlichen

Seite der Anden in Flußläufen und in niederen Erhebungen alter kristallinischer Gesteine in den Pampas von Argentinien, ist noch ein weiteres Beispiel. Steffen sieht sogar die Richtung der ältesten Glieder der Anden darin. Jedenfalls hat in allen diesen Fällen der Parallelismus der Fjorde den Wert, daß er den verborgenen Parallelbau der Gesteinsfalten zu Tage bringt.

Unleugbar kommen Fjorde besonders schön ausgebildet an Längsküsten vor. Im größten Teile von Norwegen, in Grönland, Schottland, Irland, Neuseeland sind sie in die Flanken



Fjordküste am Dusky Sound, Neuseeland. Nach der englischen Admiralitätskarte. Vgl Text, S. 438.

abgetragener Rumpfgebirge eingeschnitten. Aber Neuschottland und Neufundland bieten Beispiele von Fjorden an Querküsten. Man kann nicht sagen, daß diese Fjorde weniger entwickelt seien als jene. Allerdings wird bei den Querküsten immer der Bau des Landes mit in die Küstenbildung hineinspielen, und sie werden keine Fjordküste von so großartiger Gleichförmigkeit entwickeln wie die norwegischen oder grönländischen. Auch wird die dichte Zusammendrängung der Fjorde sich an Querküsten nicht so leicht ereignen.

Sehr instruktiv für das Verhältnis der Fjorde zu ihrem Land ist der Anblick einer Fjordlängsküste vom Meere her. Da hat man die steile, geschlossene Küstenwand, die „geschlossene Kontinentalfront“, wie Payer von Ostgrönland sagt, die sich erst bei der Annäherung in

zahlreiche zerklüftete Landstücke auflöst; und auch aus diesen scheiden sich bei Durchführung einer genauen Landesaufnahme dann immer noch zahllose Inseln und Klippen aus. Tiefgelegenes und flaches Land ist in allen Fjordgebieten selten. Darwin konnte sich in ganz Feuerland nur an zwei kleine Ebenen erinnern. Er sagt: „Es ist sehr selten, auch nur einen Morgen ebenes Land zu finden."

Zwischen den einander zunächstliegenden Ästen zweier Fjorde sind Einsenkungen nicht selten, die am Lande den Verkehr von Fjord zu Fjord erleichtern. Die Norweger nennen solche Einsenkungen Eide. Liegen sie unter dem Meeresspiegel, so bilden sie Meeresstraßen, die Penck Eidestraßen genannt hat.

Von einer derartigen Einsenkung in die Fjordbucht von der Halbinsel Viktoria auf Vancouver sagt Penck: „Das Eis (der Eiszeit) kreuzte auch unter rechtem Winkel die fjordähnliche Bucht, welche die geographische Bedingung für Viktoria bildet, und welche demnach keinesfalls als ein Werk des Eises angesehen werden kann. Sie ist ein untergetauchtes Thal, das eine stattgehabte Senkung des Landes anzeigt."

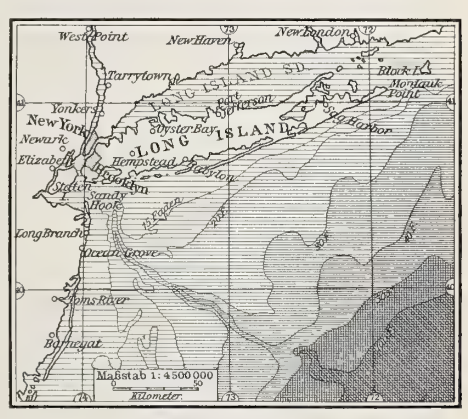
An die Fjordbucht schließt sich oftmals ein Fjordthal an, dessen steile Wände die Fjordwände wiederholen. Und so wie im Übergange des Fjordes zum Meere der Fjordboden wie eine Schwelle vor der Senke des tieferen Fjordes liegt, so liegt hier im Übergange des Fjordes zum Land ein Anstieg, hinter dem ein Seebecken eingesenkt ist, oder hinter dem mehrere Seebecken aufeinander folgen, welche die kettenförmig aneinander gereihten Tiefen des Fjordbeckens wiederholen. Und diese Erhebung vom Fjord zum Thal gehört ebenso oft dem Felsgestein des Fjordgrundes an wie jene Schwelle vom Meere zum Fjord. Der Fluß aber, der von der firngekrönten Rückwand dieses Thales als milchweißer Wasserfall herabstürzt oder vielmehr herabweht, lagerte seinen Schlamm und Sand in dem obersten See ab, durchfloß dann klar die anderen und trat endlich in den Fjord. Wird der obere See ausgefüllt sein, dann lagert der Fluß in dem nächst tieferen ab. Eines Tages wird er die Seen verlandet haben und nun ungeklärt in den Fjord treten. Und nun beginnt die Landbildung im Fjordhintergrunde. So reiht dieser Fluß nicht bloß wie an einem Faden alles auf, was am Lande und im Meere zum Fjord gehört, sondern er bereitet auch allen, dem Thal, den Seen, dem Fjordende und endlich dem Fjordboden das gleiche Schicksal. Wir sehen verwandte Formen und übereinstimmende Geschicke.

Die Seen, auf die man in der Verlängerung der Fjorde trifft, sind in Lage, Richtung und Gestalt ganz fjordartig. Sie können als eine besondere Gruppe der Fjordseen unterschieden werden. Auch in ihren Tiefenverhältnissen liegt etwas Fjordartiges, insofern sie jene aufeinander folgenden Vertiefungen zeigen, die für die Fjorde selbst bezeichnend sind. Das Vorkommen von Seen auf Inseln und zwar von Seen, die fast immer in der Längsachse dieser Inseln liegen, ist eine der bemerkenswerten Erscheinungen, die in Fjordregionen gewöhnlich, außerhalb derselben selten sind. Übergänge zwischen Fjordbuchten und Fjordseen sind in aller wünschenswerten Mannigfaltigkeit vorhanden. Besonders oft ist der Fluß, der einen Fjordsee mit einer Fjordbucht verbindet, so kurz, daß der See wie ein abgeschnürtes Stück Fjordbucht erscheint. Auch in den Fjordseen prägt sich deutlich die Verarbeitung einer einst festen, zusammenhängenden Landstrecke durch eine in bestimmten Richtungen aushöhlende Kraft aus, deren Wirkungen man in den aufeinander folgenden Vertiefungen gleichsam an- und abschwellen sieht.

Die Fjorde und das Meer.

Die Tiefe der Fjorde hat uns gezeigt, daß den einzelnen Fjordbecken eine große Unabhängigkeit von der Tiefe des Meeres eigen ist, daß viele von ihnen wie geschlossene Seen hinter

ihrer Schwelle liegen. Man möchte sagen: in den Fjorden vermittelt die Beckenbildung und Schuttablagerung den Übergang zum Meere. Wenn man aber ein ganzes Fjordgebiet ins Auge faßt, sieht man einen großen Zusammenhang zwischen Fjordküste und Meeresboden, der über diese Einzelerscheinungen weg waltet. In der That, so wie die Fjorde sich ins Land hinein fortsetzen, so setzen sie sich auch fort ins Meer hinaus. Daran ändern die Schwellen weder am oberen noch am unteren Ende etwas. Loch Hourn in Schottland geht zuerst in den Sleat-Sund über; dessen Richtung aber nimmt eine Rinne auf, die sie dann weiterführt bis zum Abfall der Kontinentalstufe. Vor der norwegischen Küste ist die Küstenbank durch viele Rinnen zerschnitten, die in der Fortsetzung der Fjorde liegen. Die Rinnen der Fjorde zwischen Stat und Smölen verfolgt man 30 km ins Meer hinaus. Und diese Rinnen erinnern in ihrer Steilwandigkeit und im Wechsel ihrer Tiefen ebenfalls an die Fjorde. Der Norwegische Kanal, der die schmale Küstenbank Norwegens von der in der Nordsee untergetauchten Fortsetzung des norddeutschen Tieflandes trennt, kann als eine Fortsetzung der westlichen Fjorde angesehen werden. Die Höhen aber, welche Fjorde einfassen, sieht man als Halbinseln ins Meer hinausziehen; diese Halbinseln lösen sich in Inseln auf, die Inseln schmelzen zu Klippen zusammen, und endlich zeigt uns die Tiefenkarte Untiefen, die in der Richtung der Halbinseln, der Inseln, der Klippen liegen. Und das alles wiederholt die Grundrichtung der Fjorde und der Fjordthäler. So herrscht also ein Gesetz vom Fuße der Berge, wo der erste Wasserfall in den obersten der Fjordseen stürzt, bis hinaus zur Kontinentalstufe, wo in der letzten Untiefe die Parallelrichtung der Fjordgebilde ausklingt: Das ist der tiefere Zusammenhang der Fjordgebilde. Die Gesamtheit der Erscheinungen, die eine Fjordküste am Lande und im Wasser zeigt, trägt die Merkmale gemeinsamen Ursprunges. Der Parallelismus, von dem wir gesprochen haben, zeigt sich nicht bloß in den Buchten und Landzungen, er beherrscht auch die Inseln und Inselketten und erstreckt sich bis auf die Formen des Meeresbodens. Das Thal des Hudson setzt sich fast 200 km weit und bis an 800 m tief über New York auf dem Boden des Meeres fort (s. die obenstehende Karte). Auch die Küste von Neu-England zeigt im Grenzgebiet der Fjordbildung solche „ertrunkene" Thäler. Gerade für diesen Parallelismus der Fjorde sprechen am meisten die stärksten Abweichungen davon, nämlich die rechtwinkelig zu den Fjorden stehenden Thäler oder Buchten, wie man sie so deutlich am Kangerdlugsuak- und am Nanusekfjord in Grönland, ferner am Drontheimer Fjord in Norwegen findet; denn hier liegt ein rechtwinkeliges Spaltensystem klar vor Augen.



Das submarine Hudsonthal. Nach J. D. Dana.

Fjorde an Binnenseen.

Im Jahre 1801 schrieb Küttner in seiner „Reise durch Deutschland, Dänemark, Schweden, Norwegen und einen Teil von Italien in den Jahren 1797—99": „So wie das Meeresufer in Schweden überall durch die sogenannten Schären gebrochen ist, d. h. durch die Eingänge oder Teile des Meeres, welche in mannigfaltigen Windungen oft viele Meilen weit in das Land hineinlaufen und sich unter funfzig verschiedenen Formen zeigen, auf die nämliche Art

sind auch die Ufer der Landseen gebrochen. Selten kann Ihr Auge eine gerade oder zirkelförmige Linie eine Viertelmeile weit verfolgen; das Land läuft in unzähligen Spitzen, die schärfer oder stumpfer sind, in den See hinein und bildet im kleinen ebensolche Vorgebirge. Ohne Unterlaß stellt Ihnen der nämliche See ein neues Bild dar, indem sich die Form seiner Ufer ändert.“ Das ist meines Wissens die älteste Beobachtung über Fjorde an Binnenseen. Sie scheint unbekannt geblieben zu sein. Ich habe sie leider auch nicht gekannt, als ich 1880 die Fjorde an den Großen Seen des Sankt Lorenzstromes und an diesem Strome selbst beschrieb. Seitdem sind auch noch in anderen Seengebieten Fjorde nachgewiesen worden. Doch wird immer eine der merkwürdigsten Fjordbildungen die des nördlichen Huronsees, des nördlichen Michigansees und des nördlichen Oberen Sees und des Nordostens des Ontariosees bleiben. Schmale, lange Buchten, tiefer im Hintergrund als am Eingange, parallele Insel- und Klippenreihen, geselliges Auftreten dieser Elemente: das sind die Eigenschaften, die an den Nordrändern und in den Verbindungsstraßen dieser Seen, ferner im Übergange vom Ontariosee zum Sankt Lorenzstrom und an den meisten Seen des Inneren von Labrador die echte Fjordlandschaft herstellen. Dieselbe Bildung, zum Teil sogar in übereinstimmendem Maßstabe, kehrt an den schwedischen Seen wieder, und zwar so verbreitet, daß Küttners Bericht durch eine Menge von Einzelheiten ergänzt werden könnte. Und wer die Gestalt, Tiefe und Gruppierung der Seen unseres baltischen Seenhügellandes prüft, wird selbst noch hier Fjordähnlichkeit ungezwungen nachzuweisen im stande sein. Die Maße sind kleiner, aber der Parallelismus, die Beckenformen und Tiefenverhältnisse, die langen, schmalen Umrisse halten den Fjordcharakter fest

Die geographische Verbreitung der Fjorde.

Die Fjorde sind vom 42. Breitengrad an polwärts auf der Nord- und Südhalbkugel verbreitet. Selten wird man sie in den kalten gemäßigten und Polarzonen an steilen Küsten vergeblich suchen. Ein rascher Überblick zeigt sie uns in Nordeuropa, in Nordostamerika und Nordwestamerika, im nordöstlichsten Asien, im südwestlichen Südamerika, an der Südinsel Neuseelands und endlich an zahllosen Inseln der Arktis und Antarktis. Afrika ist der einzige Erdteil, dem sie gänzlich fehlen; und das gehört zu den Merkmalen des tropischsten Festlandes der Erde.

Wenn wir die einzelnen Fjordküsten ins Auge fassen, ist in Europa unstreitig Norwegen das von den tiefsten und zahlreichsten Fjorden zerklüftete Land. Wir finden sie von Christiania bis Magerö und darüber hinaus bis zum Varanger Fjord. Schottland hat nördlich vom Clyde tiefe Fjorde an der Westküste; sie reichen in kleineren Formen an der Nordküste etwas über Kap Wrath hinaus. Die Hebriden, die Orkney- und Shetlandinseln und die Färöer sind von Fjordbuchten und Fjordstraßen zerschnitten. Die Nord- und Westküste Irlands hat Fjorde, die besonders stark an der Halbinsel Connaught entwickelt sind; äußerlich fjordähnliche, tiefe Parallelbuchten zerschneiden auch die Südwestseite Irlands, aber diese gehören zur Klasse der Rias (s. S. 431). An der Nordostküste von Nordamerika finden wir Fjorde von der Südgrenze von Maine an; sie gehen an den Küsten von Labrador in die arktischen Fjordgebiete über. Neufundland ist eine echte Fjordinsel. An der Westküste Amerikas ist in sehr auffallender Weise im Norden durch die San Juan de Fuca-Straße und Vancouver für Nordamerika, durch die Chacaostraße und Chiloë von $41^1/_2{}^0$ an für Südamerika die Grenze der Fjordküste bezeichnet. Die Südinsel von Neuseeland ist von Fjorden zerschnitten vom 44. Grad südwärts. Auch die vorgelagerte Stewartinsel hat Fjorde. Indem wir zunächst die fjordähnlichen Bildungen beiseite lassen, die vereinzelt in allen den genannten Gebieten noch etwas weiter äquatorwärts zerstreut

vorkommen, heben wir noch die arktischen und antarktischen Fjorde hervor, die so weit polwärts vorkommen, als man bis jetzt vorzudringen vermocht hat. In Nordasien hat Nansen zu einer ganzen Kette die Inseln ergänzt, die früher am Rande der Taimyr-Halbinsel bekannt waren; er spricht zum erstenmal von Taimyrschären. Tiefe Fjorde zerklüften diese Halbinsel. Noch vorher hatte Nordenskiöld den Fjordcharakter der Koljutschin-Bai an der Tschuktschen-Halbinsel hervorgehoben, die ihn durch ihre schmale, lange Form, die Ufergestalt und die Gabelung am Ende an die Fjorde Spitzbergens erinnerte. Auch der Anadyrbusen wird als ein echter Fjord bezeichnet.

Das Wesentliche in der Verbreitung der Fjorde ist also ihre Anordnung um die beiden Pole innerhalb zweier Räume, die tief in die gemäßigte Zone hineingreifen. Das ist es, was sie geographisch zusammenbindet. Das ist es auch, was zu dem Versuch einer geographischen Erklärung anregen muß. Wir begegnen dabei zwei großen Thatsachen. Die Fjorde sind nur ein Ausdruck für die zirkumpolare Verbreitung der verschiedensten Hohlformen des Bodens. Bald zerklüften sie als Fjorde die Küste, bald zerschneiden sie als Fjordstraßen die Inseln. Zerklüftung der Küsten und Inselreichtum gehen daher in diesen Gebieten Hand in Hand. Dieselben Hohlformen sind an anderen Stellen mit Süßwasser gefüllt und bilden dann die Becken von Seen und Flüssen. Endlich zerklüften sie noch mit Thälern und Pässen die Länder. Ist also die eine Thatsache die Zerklüftung weiter zirkumpolarer Gebiete durch Hohlformen des Bodens von Fjordcharakter, so ist die andere eine Senkung, die eingetreten sein muß, nachdem diese Hohlformen gebildet waren. Denn nur so kann das Meer in sie eingedrungen sein und Fjorde und Fjordstraßen gebildet haben.

Das Verhältnis zu der heutigen Vergletscherung ist fast nicht weniger eng. In Skandinavien, Grönland, Nordwestamerika, Südwestamerika, Neuseeland finden sich Gletscher in fast jedem Fjord. Ebenso liegt in fast jedem Fjorde des Feuerlandes ein Gletscherende am Meeresrande. Von 46° 50′ an steigen in Westpatagonien die Gletscher zum Meere herab.

Dana hat zuerst auf die Verbindung der Fjorde mit Gletschern hingewiesen. Er fand die Fjorde nur in „Driftbreiten“, d. h. in den Zonen des Glazialschuttes, und sagte schon 1862: „Driftbreiten sind nahezu gleichbedeutend mit Fjordbreiten. Eine Thatsache, die den Driftbreiten (drift latitudes) in allen Erdteilen entspricht und denselben Ursprung (wie der Glazialschutt) haben mag, ist das Vorkommen von Fjordthälern an den Küsten: von tiefen, schmalen Kanälen, die vom Meer erfüllt sind und sich oft 50—100 Meilen landeinwärts erstrecken. Diese geographische Beziehung zum Glazialschutt ist sehr auffallend. Fjorde finden sich an der Nordwestküste von Europa, vom Ärmelkanal nordwärts, und sind häufig an der norwegischen Küste. Sie sind in bemerkenswerter Weise vertreten an den Küsten von Grönland, Labrador, Neuschottland und Maine. An der Nordwestküste von Amerika, nordwärts von der De Fuca-Straße, sind sie so wundervoll entwickelt wie an der norwegischen. An der Küste von Südamerika kommen sie in Driftbreiten von 41° südlicher Breite an vor. Driftbreiten sind daher nahezu gleichbedeutend mit Fjordbreiten.“

Diese Sätze haben ihre Gültigkeit bewahrt. Noch jüngst schrieb ein Geograph, der Kanada durchquert hatte: „So haben wir denn an der Küste des Pacific dieselben Erscheinungen wie am atlantischen Gestade der großen britischen Herrschaft in Nordamerika. Soweit die Eiszeitspuren reichen, sind die Küsten gebuchtet, die Thalausgänge des Landes stehen unter Wasser, und zugleich finden sich Uferlinien, welche eine nach der Vereisung eingetretene Hebung verraten.“ (Penck.)

Unschwer läßt die Verbreitung auch örtliche Begünstigungen und Erschwerungen der Fjordbildung erkennen. Sie finden sich seltener im arktischen Amerika, besonders an den Inseln der nordwestlichen Durchfahrt; das sind niederschlagsarme Gebiete. Nordasiens Flachküsten zeigen nur wenige entwickelte Fjorde: es fehlt das Gefälle der Gebirgs- oder Steilküste. An wenig hohen Küsten, wie Finnland, Schweden, Maine, sind Schären (s. S. 446) oder doch nur schmälere

Fjordsäume zu finden, und die tiefsten Fjorde liegen da, wo Hochland von 2—3000 m und mehr sich darüber aufbaut. Bedeutend ist der Einfluß der Gesteinsbildung. Überall, wo kompakte Gesteine, besonders kristallinische, anstehen, sind die Fjorde häufiger als an Küsten mit lockeren Sedimentärgesteinen. So ist in Island die altvulkanische Zone an ihren zahlreichen Fjorden zu erkennen. Ebenso Feuerland: überall unregelmäßig mit Inseln bestreut, wo Granit und Trapp das Gestein ist, dagegen tief eingeschnitten im Thonschiefer. Südlich und nördlich von der Disko-Insel zeigt Grönland bei verschiedener geologischer Beschaffenheit auch verschiedene Gestalt der Küsten. An ähnliche Ursachen, die noch zu erforschen sind, muß man denken, wenn in verhältnismäßig seichtem Meere vor der Nordwestseite der Südshetlandgruppe (s. S. 322) sich eine wahre Schärenküste ausbreitet, während die steilabfallende Südostseite fast klippenfrei ist.

Die Entstehung der Fjordküsten.

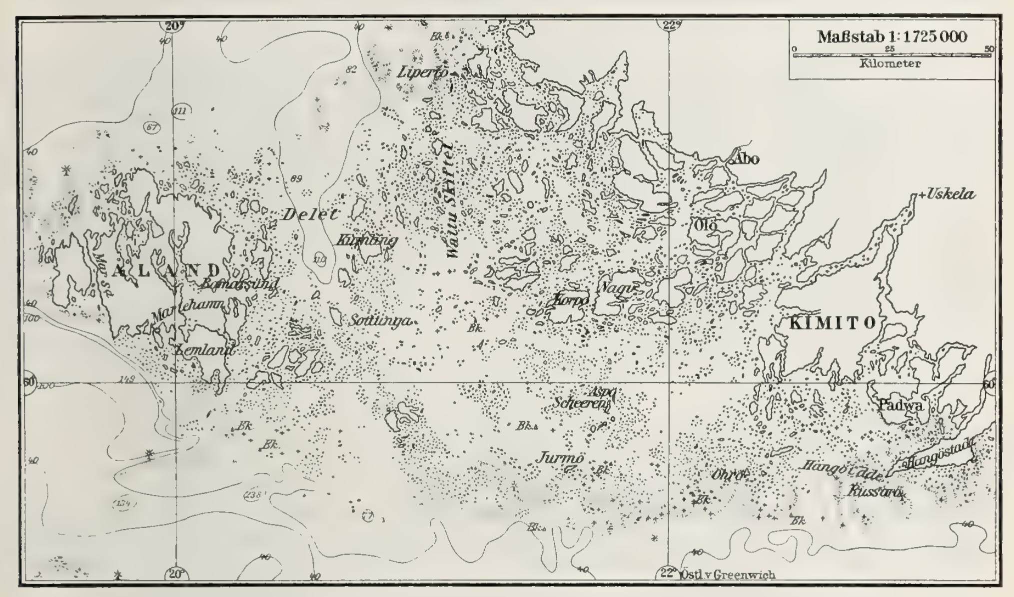
Die Frage nach der Entstehung der Fjorde zerlegt sich in die zwei besonderen Fragen: Wie entstanden die steilwandigen, beckenförmigen, in parallelen Linien zu einander geordneten Thäler, welche, von Meerwasser oder Süßwasser ausgefüllt, als Fjorde, Fjordseen, Fjordflüsse uns entgegentreten? Und wie geschah es, daß dieselben so tief sich senkten, um dem Wasser des Meeres, der Seen oder Flüsse Eingang zu gewähren? Denn nach allen Gesetzen der Erosion konnten diese Hohlformen des Bodens nur am festen Lande ausgegraben oder ausgeschliffen werden, und erst nach ihrer Entstehung versanken sie dann unter den Meeresspiegel.

Zur Beantwortung der ersten Frage bietet sich Gestalt und Lage dieser Becken dar. Es entstehen thalartige Aushöhlungen an der Erdoberfläche, wo Flüssiges über das Starre der Erde sich hinbewegt. Als solches Flüssige tritt uns das Wasser und das fließende Eis der Gletscher entgegen. Das Wasser bildet kontinuierliche Rinnen, aber in den Fjorden liegen tiefere Becken hintereinander oder sind an der Mündung durch eine Schwelle abgeschlossen. Solche Werke vermöchte wohl Gletschereis bei hohem Stande zu erzeugen, so wie es Felsenbecken, deren Tiefe an der Rückseite am größten ist, in den Gebirgen erzeugt hat; aber erst mußten die Thalrinnen vorgezeichnet sein, in die es sich ergoß. Ergriff nun eine Senkung diese Rinnen oder Thäler, so mochte das Meer in ihnen vordringen. Dieses Vordringen geschah aber allmählich, und während es vor sich ging, wurde der Schutt, den die Flüsse aus dem Lande heraus in das Thal brachten, immer mehr zurückgestaut, je weiter das Meer vorrückte. Das Thal wurde aber endlich zugeschüttet, wenn das Sinken des Landes langsam vor sich ging und das nötige Maß von Schutt zugeführt wurde.

Solange aber Gletscher die Thäler erfüllten, waren sie sowohl dem Einflusse der Luft als dem des Meeres entzogen. Vor allem war die Brandung gehindert, sie zu benagen, und der Schutt, sie auszufüllen. Darin und nicht in einer „Aushobelung“ liegt die Bedeutung der Gletscher für die Fjordbildung. Das Eis hat die Fjordthäler nicht gebildet, aber es hat zuerst ihren Boden geglättet und mit jenen beckenförmigen Aushöhlungen versehen, die wir sowohl in den Fjordbuchten als in den Fjordseen finden; und dann hat es sie vor Brandung und Schuttausfüllung geschützt.

Die wesentlichen Eigenschaften der Fjordregionen liegen also in der Zerklüftung von ursprünglich zusammenhängenden Landstrecken durch schmale, tiefe Thäler, deren Wände sehr oft einander gleichlaufen und die noch öfter in ihrer allgemeinen Richtung einen deutlichen Parallelismus ausprägen. Daraus entstanden dann bei Landsenkung schmale, lange, parallelwandige Buchten, entsprechend gebaute Landzungen, schmale, parallelwandige Meeresstraßen oder Seen,

Gruppen von Inseln, die im Gesamtumriß den einstigen Zusammenhang noch erkennen lassen. Das ist keine Arbeit von gestern. Man kann sie sich nicht anders als unter Beihilfe großer Grundschwankungen vollendet denken, besonders wenn man die Häufigkeit von Strandlinien in den Fjorden und Fjordseen vergleicht (s. oben, S. 213 u. f., und die Abbildungen, S. 216 und 217). Das Land muß viel höher gelegen haben, um so tief eingeschnitten zu werden, und es muß großer Wasserreichtum geherrscht haben, um eine so kräftige Erosionsarbeit zu leisten. Durch lange Perioden der Erdgeschichte muß Luft, Wasser und Eis auf spaltenreiche Gebirgsbauten gewirkt haben, um diese wunderbar regelmäßigen, tausendfach wiederholten Parallelgebilde aus parallel gegliederten Gesteinen herauszupräparieren. Es ist daher begreiflich, daß die Fjorde Norwegens früher allgemein und neuerlich auch die Grönlands als Spaltensysteme



Die Schärenküste von Finnland. Nach deutschen Seekarten. Vgl. Text, S. 446.

aufgefaßt worden sind. Knutsen wies gerade für die südostgrönländische Küste den Parallelismus von Diabasgängen mit den Fjorden nach, „so daß man einen und denselben Diabasgang längs der ganzen Küste des Fjords einwärts verfolgen kann“. Nansen bestätigte dies und hob besonders die auffallende Geradlinigkeit solcher Gänge hervor.

Die Entstehung der Fjordthäler rückt also in eine entferntere Periode der Erdgeschichte zurück. Wie Skelette alter Länder, von denen das Fleisch und Fett abgenagt und abgefallen ist, so daß das alte Gerüst nur noch mühsam zusammenhält, wollen uns die Fjordküsten erscheinen. Schon in der Tertiärzeit haben Ströme und Flüsse, vom Frost unterstützt, die Aushöhlung der Gebirgsthäler begonnen. „Wir haben allen Grund, zu glauben, daß alle Fjordthäler und Glens der Hochlande (Schottlands) ihren gegenwärtigen Charakter so ziemlich vor der Eiszeit angenommen hatten.“ Was hier J. Geikie von den schottischen Fjorden, Lochs und Glens sagt, gilt von allen anderen Fjordgebieten. Erst jüngst ist von den Fjorden von Britisch-Kolumbien gesagt worden: im Eocän angelegt, im Pliocän vertieft, durch die Gletscher erhalten. Allerdings muß man hinzufügen: durch die Gletscher vertieft und erhalten, und weiter: nicht bloß einmal von den Gletschern ausgefüllt bis ans Meer, sondern zu verschiedenen Malen in wiederkehrenden

Eiszeiten. Von den Fjorden von Labrador meint Bell sogar, es seien uralte, vielleicht präkambrische Thäler. Ähnlich Nansen von den grönländischen: „Lange vor der Eiszeit hatte ihre Bildung begonnen, Wasser und Eis, oft geleitet durch vorhandene Klüfte, Hebungen und Senkungen, haben daran gearbeitet.“ Das ist im wesentlichen auch E. von Drygalskis Ansicht, der nur die Ausräumung durch Gletscher stärker betont. Dazu kommen die Grundschwankungen. In allen großen Fjordgebieten erzählen uns die Strandlinien und Terrassen von neuerlicher Hebung der Küste. Aber dieser Hebung war eine noch viel tiefere Senkung vorangegangen. Und die Hebung ist noch lange nicht stark genug, um die Wirkung der vorangegangenen Senkung zu verwischen. Das sich hebende Land hat daher noch immer die Umrisse eines halb untergetauchten.

Die Schärenküste. Die Cala- und Schermküsten.

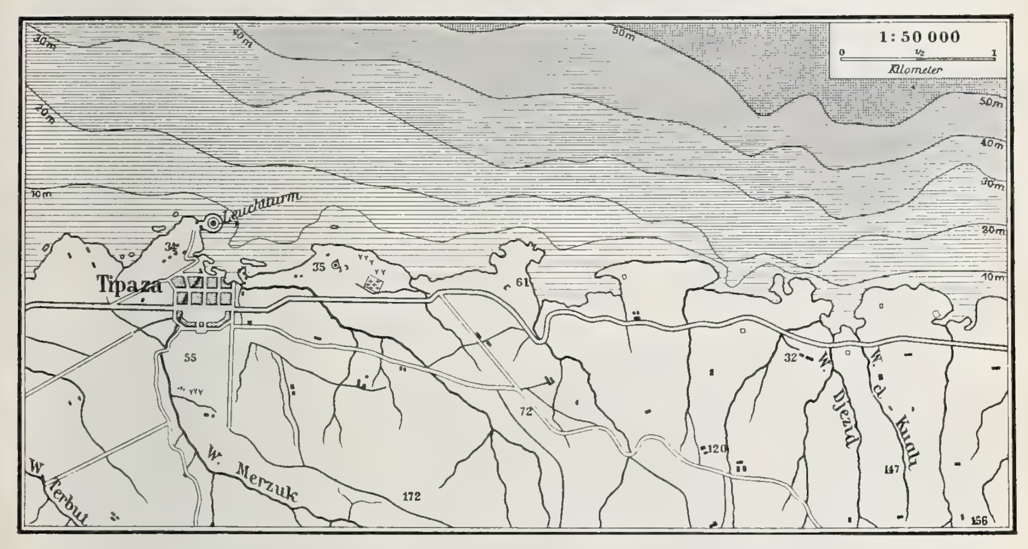
Die Küsten von Schweden und von Finnland (s. die Karte, S. 445) zeigen Tausende von schmalen Buchten, die selten über 40 km weit in das Land hineinziehen, meist nicht über 20 km lang und entsprechend schmal sind, wie die Fjorde gesellig nebeneinander auftreten und über weite Strecken hin gleiche Richtung bewahren. Die Nordwestrichtung der tausend Buchten, welche die Küste von Gotland „ausfransen“, ist ebenso auffallend wie die Nordostrichtung zahlreicher Buchten der Südküste Finnlands. Doch fällt noch mehr auf, wie die nach Südosten hineinziehenden Buchten des Ostrandes des Bottnischen Meerbusens und die nordwestlich hineinziehenden des Westrandes derselben Richtung angehören. An anderen Küstenstrecken wird durch die ungeheuere Zersplitterung des Landes in Klippen der Parallelismus verwischt. Da kleine Buchten leichter aufgefüllt werden als große, kommen in den Schärenbuchten die bezeichnenden Tiefenverhältnisse nicht so oft vor wie in den Fjordbuchten; doch fehlt es nicht an beckenartig abgeschlossenen Schärenbuchten mit mehreren Tiefbecken hintereinander, und zahllos sind die Seen, welche die Buchten ins Land hinein fortsetzen. Diese Küstenform beginnt noch auf norwegischem Boden östlich von Christiania, setzt in Schonen aus, beginnt bei Kalmar wieder und umzieht nun alle Ufer Schwedens und Finnlands, den Nordrand des Finnischen Meerbusens eingeschlossen. Bald ist sie die reine Fjordküste in etwas kleineren Abmessungen, wo dann ihre Buchten mit Recht noch als Fjorde bezeichnet werden, bald entfernt sie sich davon durch die Zertrümmerung der Halbinseln und Inseln in Tausende und Abertausende von Inselchen und Klippen, die einen „Skjärgaard“ von oft 60 km Breite vor die Küste legen. Die ganze Umgebung der Ålands-Inseln und des Eingangs in den Bottnischen Meerbusen gehören dem Gebiet einer solchen Inselzersplitterung an. Ähnlich dieser Küste ist die Küste von Maine im nordöstlichen Nordamerika, doch schon in die echte Fjordküste übergehend. Da nun die Schärenküsten auch unter denselben klimatischen Bedingungen und in Ländern von ähnlicher geologischer Vergangenheit vorkommen, können wir keinen Unterschied des Wesens, sondern nur einen Unterschied des Grades zwischen ihnen und den Fjordküsten finden. Ihre Eigentümlichkeit scheint besonders darin zu beruhen, daß sie an steilen Küsten niedriger Felsenplatten vorkommen.

Penck hat den auf Malta und den Balearen üblichen Namen Cala einer Küstenform an Steilküsten beigelegt, wo zahlreiche kleine, kaum 1 km lange Buchten einfach oder verästelt in das Land hineinziehen; diese Buchten sind bald ebenso breit wie lang, bald breiter und nehmen kleine Flüsse ohne breite Mündungen auf. Das Land tritt in Massen oder schmalen und spitzen Vorgebirgen in das Meer hervor, und die ganze Küste macht den Eindruck eines feingebuchteten oder gezähnten Walles. Eine verwandte Küstenform hat derselbe Forscher als Scherm, von

einer Verbalwurzel, die „gespalten“, „zerrissen“ bedeutet, nach einem Namen benannt, den an den Küsten von Arabien kurze, breite, von rechtwinkeligen Vorsprüngen begrenzte Buchten tragen, die stumpf endigen und keine Fortsetzung ins Land hinein haben. Die algerische Steilküste ist ähnlich gebaut. Dort entspricht jeder Mündung der zahlreichen kleinen Flüsse eine Küstenbucht. Je größer der Fluß und seine Wassermasse, um so tiefer sind die Buchten, die also unmittelbar von der Lage der Wasserscheide zur Küste abhängen. Doch erreichen sie nicht mehr als $1/2$ bis $3/4$ km Tiefe und Breite (s. die untenstehende Karte).

Die Küste als Schwelle des Lebens.

Für alle Landbewohner ist die Küste die Grenze gegen ein fremdes Element und zugleich die Schwelle, um dieses zu betreten. Besonders wenn wir an den Menschen denken, paßt auf



Die Schermküste von Tipaza, Algerien. Nach „Carte de l’Algérie, 1:50,000“.

keine Grenze der Erde der Ausdruck „Naturgrenze“ so gut wie auf die Küste, welche die vom Menschen bewohnte und von ihm umgebildete Erde der unverfälschten, ungezähmten Natur gegenüberstellt. Das ist es, was für uns das rein morphologische Interesse an dem Verlaufe der Küstenlinie als der Grenze zwischen den augenfälligsten Grundelementen der Erdoberfläche vertieft, daß sie den uns von der Natur selbst angewiesenen Wohnplatz, das trockene Land, vom Meere trennt, das für alle Landgeborenen eine unbewohnbare, nur zu flüchtigem Verweilen einladende Wasserwüste ist. An der Küste also mußte sich jener wichtige Übergang vom Land aufs Meer vollziehen, der für den Menschen die Vorbedingung zur Gewinnung der Erde und zur Erhebung der ganzen Erde zum Schauplatz der Geschichte der Menschheit war.

Freilich ist, wenn auch gewissermaßen in umgekehrter Richtung, schon in undenkbar viel früheren Zeiten die Küste in der Geschichte des Lebens der Erde die Schwelle gewesen, die das zuerst ins Feuchte gebannte Leben überschreiten mußte, damit ein Leben auf dem Lande und in der Luft entstehen konnte. Welche ungeheuere Bedeutung dieser schmalen Schwelle, über die der entscheidendste Schritt gethan wurde, den die Geschichte des Lebens zu berichten hat! Heute ist die Grenze scharf gezogen zwischen Leben am Land und Leben im Meere. Das eine

drängt das andere so schroff zurück, daß beider Reste tot nebeneinander auf der Schwelle liegen. Sehr klein ist die Zahl der Pflanzen oder Tiere, die in beiden Elementen heimisch sind. Die mannigfaltigsten Mittel hat die Natur angewendet, um die Luftatmung durch die Haut, durch die Kiemen und durch die Lungen zu vereinigen: die Zahl der Doppelatmer ist doch gering. Die im Meere lebenden Säugetiere kommen heute nur noch in den Gruppen der Waltiere und der Robben vor und sind nicht reich entwickelt; vielleicht waren sie in der Vorzeit verbreiteter. Ähnlich ist es bei den Mollusken und Gliedertieren. Es sind immer nur einige kleine Gruppen von Landtieren, die in die See, von Seetieren, die ans Land gehen. Im ganzen und großen sondern Land und Wasser die Lebensformen. Der Mensch hat sich zwar, wie man zu sagen pflegt, das Meer unterworfen. Aber auch seine Schiffe sind am Lande gebaut und sind mit ihrem Holz oder Eisen, für ihre Kohlen und ihren Proviant vom Lande abhängig, und er selbst wird auf dem Lande geboren und findet auf dem Lande sein Grab.

Das Leben der Küste.

Das Leben der Küste ist, vom Lande aus gesehen, begünstigt durch die tiefe Lage; denn die Küste liegt von allen Teilen eines Landes immer am tiefsten, ist daher unter sonst gleichen Bedingungen wärmer als die anderen. Mildernd wirkt auf das Klima der Küste die Wärme des Meeres, bisweilen erhöht durch Strömungen und die geschützte Lage so mancher Bucht. Stürme, Nebel, Treibeis, kaltes Auftriebswasser mögen manchen dieser klimatischen Vorteile herabmindern; im ganzen bleiben sie doch siegreich. Am allermeisten entfalten die mildernden Einflüsse ihre Kraft unter Verhältnissen, die im allgemeinen für ungünstig gelten müssen. Die Begünstigung des Lebens durch eine Küste von reicher Gliederung zeigt sich sehr deutlich in den arktischen Fjordgebieten. Im Inneren des Scoresby-Sundes (Ostgrönland) ist eine Vegetationsperiode von 5—6 Monaten anzunehmen. Die dänische Expedition sah dort 1892 die erste Blüte, von Saxifraga oppositifolia, am 23. Mai. An der Außenseite kürzen Wind und Nebel die Dauer der Lebensentfaltung ab. Unter ganz anderen Bedingungen zeigen uns Ägypten, Attika, Kampanien die vorauseilende Lebensentfaltung menschlicher Kultur unter der Gunst der Küsten. Und kann man nicht sagen, die Küstengliederung der Urzeit wirke mit den einst in Küstenbuchten abgelagerten Steinkohlenflözen in die Gegenwart herein?

Die Stätten reicheren Pflanzenwuchses liegen im Eismeer im Inneren geschützter Buchten, an den Mündungen von Flüssen, die wärmeres Wasser bringen, an sonnigen Abhängen mit lockerem Boden, wo zeitige Schneeschmelze die Vegetation früher freilegt, und wo die geneigte Fläche die schrägen Sonnenstrahlen reichlicher empfängt, an humusreichen Stellen, wo die Natur selbst den Boden gedüngt oder der Kultur überlassen hat, es zu thun. Spuren alter Eskimosiedelungen an Küsten zeichnen sich immer durch eine reiche Vegetation aus, in welcher ganze Felder von Alpenmohn hervortreten. An diesen Stätten sind die Pflanzen auch mannigfaltiger als sonst. Oft drängen sich hier auf engem Raum fast alle Formen zusammen, die überhaupt in einem weiten Striche, auf einer ganzen Insel vorkommen. Das gedrückte, rasenartige Wachstum macht einem kräftigeren Aufstreben Platz. „Wenn man in einen Fjord hineinfährt, kann man oft leicht beobachten, wie die horizontal oder beinahe horizontal ausgebreiteten Gewächse im allgemeinen, besonders aber die Sträucher, sich allmählich mehr und mehr über den Boden erheben, bis sie zuletzt beinahe vertikal gerichtet sind.“ (Kjellman.)

Die Litoralzone des Meerestierlebens umfaßt das Gebiet, bis wohin Licht in physiologisch wirksamer Menge und so viel Wärme dringt, teils eingestrahlt, teils durch warme Strömungen herangeführt, daß in 500 m Tiefe noch 8° Wärme gemessen werden. Zwischen der Oberfläche und 500 m Tiefe herrscht an den Küstenabfällen noch immer ein reiches Tierleben. Es nimmt rasch von obenher ab, ragt schon in das eigentliche Tiefseegebiet hinein, steht aber

noch unter dem Einfluß des Lichtes und der Wärme der Sonne und des Baues des Bodens. Gewöhnlich liegt im Küstenabfall der Sand über dem Thon, und da letzterer dem Tierleben ungünstig ist, nimmt der Tierreichtum ab, wo der Sand aufhört, an der Ostsee oft wenige Meter unter dem Meeresspiegel.

Was wir Litoralzone nennen, zerfällt wieder in mehrere Gürtel. Der oberste ist die Strandzone, die zwischen Ebbe- und Flutgrenze liegt und bezeichnet ist durch die Ufersand- und Uferschlammbewohner: Bohrmuscheln, Miesmuscheln, Sandwurm. Darauf folgt bis etwa 25 m die Zone der Laminarien, wo Algen und Seegras dichte Wälder bilden, in denen pflanzenfressende



Eine Austernbank im Mittelmeer.

Fische und Weichtiere, riffbauende Korallen, Austern (s. die obenstehende Abbildung) und andere Zweischaler in oft mächtigen Bänken, die zur Erhöhung und Befestigung des Küstenfundamentes beitragen, und große Schnecken wohnen. Im dritten Gürtel hören die riffbauenden Korallen auf, die Vegetation nimmt ab, Kalkalgen sind stark vertreten. Und von ungefähr 100 m an erscheinen mit Tiefseekorallen und Brachiopoden die Vorläufer der Tiefseezone. Im unteren Teil dieser Zone kommen noch in großer Menge Tiefseekorallen, Schnecken und Muscheln, wenn auch nicht in dem Artenreichtum wie weiter oben, vor. Heben wir als Beispiel die Ergebnisse der Challenger-Expedition hervor: es wurden an Muscheln 384 Arten zwischen der Oberfläche und 200 m, 148 zwischen 200 und 1000 m, 24 zwischen 1000 und 2000 m und 70 in größeren Tiefen gefischt.

Was von den Meeresbewohnern zum Lichte drängt, muß entweder an der Oberfläche schwimmen oder an der Küste wohnen. Die Küste ist daher die einzige Stelle, wo lichtbedürftige

Meerespflanzen wurzeln. Wenn auch die äußersten Lichtwellen viel tiefer gehen mögen, vielleicht bis 2200 m, der äußersten Tiefe, aus der die Plankton-Expedition grüne mikroskopische Algen heraufgebracht hat, so hört doch im allgemeinen die Litoralflora mit 100 m Tiefe auf. Auch im Genfer See ist nach einer Beobachtung von Forel keine grüne Pflanze tiefer als 60 m zu finden; er hat aus dieser Tiefe das Wassermoos, Thamnium alopecurum, erhalten. Die Wurzeln der Seegräser reichen im allgemeinen nicht tiefer als 10 m. Sie bilden mit nur 27 Arten, die meist sehr weit verbreitet sind und in ungeheueren Mengen dichtgedrängt wachsen, ausgedehnte unterseeische Strandwiesen, auf denen die schmalblätterigen Zosteren thatsächlich wie Gräser dichtesten Wuchses, die breitblätterigen Posidonien mehr wie Schilfrohr wachsen. Auch die Seetange gehören der litoralen Region an (s. die beigeheftete farbige Tafel „Florideen im Adriatischen Meere"). Sie sind in den entlegensten Perioden der Erdgeschichte nachgewiesen und fehlen keiner einsamen Klippe des Weltmeeres. Selten sind sie tiefer als 100 m zu finden, und nur einige gehen bis gegen 400 m hinab. In Tausenden von Arten, in Größen, wodurch die antarktischen Riesentange in die Reihe der Riesen der Lebewelt eintreten, und in allen Farben bewohnen sie die Ufergebiete, die noch belichtet sind. Es gehört zu den merkürdigen Erscheinungen, daß an den Küsten warmer Länder die zarteren Florideen vorwalten, deren Rot, Blau und Veilchenblau mit den glühendsten Farben der Riffkorallen wetteifert, während die arktischen und antarktischen Meere die riesenhaften Braunalgen beherbergen: Macrocystis pyrifera läßt an den der Antarktis zugewandten Küsten ihre Scheinstämme mit Tausenden dicht gestellter Schmalblätter Hunderte von Metern hinausfluten. Die Küsten von Australien und Neuseeland sind durch einen besonderen Reichtum an Algen ausgezeichnet. Tief wird die Verbreitung der Algen durch das bewegliche Küsteneis beeinflußt. Anderseits stranden Treibeis und Eisberge auf seichten Uferstellen, reiben die mit Pflanzen bedeckten Wände unter dem Wasserspiegel ab und tragen durch die ständige Abkühlung des Uferwassers zur Schwäche der Algenvegetation an eisreichen Küsten bei.

Es findet also eine Verdichtung des Lebens in der Küstenzone statt, wobei sich geographische Wirkungen ebenso deutlich in den Korallenriffen und Muschelbänken zeigen wie in den Vogelinseln und Vogelklippen (s. die Pinguinkolonie, S. 451), den robbenbesäeten Uferstrecken, in dem reichen Leben niederer Tier- und Pflanzenformen auf dem Strande, den die Ebbe trocken gelegt hat. Die Erinnerung an die entsprechende Verdichtung des Völkerlebens am Rande des Meeres liegt nahe. Und in beiden Fällen hat die Gliederung der Küste ihren Anteil daran.

Denn diese Lebensentfaltung an der Küste ist vielfach sehr abhängig von der Art und Gestalt des Bodens. Diese Abhängigkeit, von der das Leben der Hochsee ganz und das Leben der Tiefsee fast frei ist, schafft in dem Litoralgebiete die größten Unterschiede: ob Fels oder Sand, Geröll oder Schlamm, entscheidet über das Leben in der Uferregion. Wo das Land sich langsam zur Tiefe abdacht, entstehen weite Gebiete von gleichen Lebensbedingungen, während rascherer Abfall die litoralen Höhenzonen hart übereinander legt. Wo die Höhen- und Formunterschiede des Meeresbodens wachsen, also besonders in insularen Räumen, rücken die Tiefsee und das Litoral näher zusammen und schaffen die mannigfaltigsten Lebensbedingungen auf engem Raume. Der kleinste Felsen gibt unter solchen Umständen zahllosen Tieren und Pflanzen Halt und zieht dadurch Fische an. Darwin erzählt von einer Klippe in der Nähe der Bermudas in offener See und in beträchtlicher Tiefe, die infolge der Menge von Fischen entdeckt ward, die in ihrer Nähe umherschwammen. Die Bedeutung des im Halbtrockenen der Lagunen, Marschen, Küstensümpfe gedeihenden Lebens für die Küstenbildung haben wir bei der Besprechung der Riff-, Marsch- und Mangroveküsten behandelt. So wie die riffbauenden Korallen sind auch



[Zur Tafel: *» Florideen im Adriatischen Meere «.*]



1 *Ceramium strictum*
2 *Plocamium coccineum*
3 *Dictyota.*
4 *Nitophyllum ocellatum.*
5 *Peyssonnelia squamaria.*
6 *Padina Pavonia*
7 *Sphacelaria scoparia*
8 *Callithamnion.*
9 *Sargassum linifolium.*



FLORIDEEN IM ADRIATISCHEN MEERE.

Nach Aquarellen von *Fritz von Kerner* und *E. von Ransonnet.*

die küstenbauenden Halbbäume und Sträucher der Mangroven klimatisch ziemlich eng begrenzt. Die indomalayischen Strandformationen, besonders Mangroven, gehen im Norden bis zu den Liukiu-Inseln, im Süden bis zur Chathaminsel, also dort bis 25° nördl. Breite, hier bis 44° südl. Breite. Den großen Unterschied der geographischen Breite scheint die Regenverteilung zu bedingen. Reichlicher Regen verhindert die schädliche allzu starke Konzentration des Salzes in den Säften der Mangroven, die auch nicht bloß Strandsumpfbewohner sind, sondern in einzelnen Arten sich über die Felsen ausbreiten. Die Folge dieser klimatischen Beschränkung sind



Eine Pinguinkolonie auf Kerguelen. Nach Photographie der Valdivia-Expedition. Vgl. Text, S. 450.

die eigentümlichen Insel- und Küstenformen der Riff- und Mangrovezone des tropischen Gürtels. Über die Riffküsten s. S. 327 u. f.

„Den Kern der Mangrovewälder bilden Angehörige der Familie der Rhizophoraceen nebst Genossen aus anderen Familien. Zur Flutzeit sieht man vom Meere aus lebhaft grüne, bald dicht aneinander schließende, bald gleichsam als Vorposten einzeln sich erhebende Laubkronen diesseit der Strandlinie aus dem Meere hervorragen. Zur Ebbezeit ist der Boden, soweit die Mangrove reicht, vom Meer entblößt und stellt einen blauschwarzen Schlamm dar, aus welchem die Bäume auf kurzen, oben von hohen Stelzwurzeln getragenen Stämmen sich erheben.“ (Schimper.)

Der Mensch, seine Wohnstätten und die Küste.

Die Küstenländer sind als amphibische Gebiete ursprünglich dünn bewohnt oder unbewohnt. Auch wenn Menschen sich in ihnen auf künstlichen Anhöhen (Wurften) angesiedelt, sie durch Deiche geschützt, mit Kanälen und erhöhten Wegen durchzogen haben, bricht das Meer noch herein, kolkt Seen aus, bildet neue Buchten und Arme und versandet alte. Auch die Überschwemmungen

machen weite Küstengebiete unbewohnbar, solange sie nicht zum Besten des Menschen geregelt sind. Daher reicht tief in die geschichtliche Zeit hinein der verlustreiche Kampf mit dem Meere auf den Küsten. Mit dem Wachstum der Küsten rücken die Siedelungen vor, mit den Einbrüchen gehen sie zurück. Das durch Lagunenausfüllung Nehrung für Nehrung fortschreitende Wachstum des Po-Deltas läßt sich an den Dünenzügen erkennen; der Fortschritt der Besiedelung rückt mit ihnen seewärts vor. Die frühesten Wohnplätze lagen dort wohl auf den heute 25 km landeinwärts ziehenden Dünen. Fischer- und Schifferorte liegen heute auf Land, das in den letzten drei Jahrhunderten sich gebildet hat, Restelli sogar auf Land des 19. Jahrhunderts.

Auf jedem Küstensaume liegen noch Reste der ununterworfenen oder minder gebändigten Natur neben den Merkmalen der Kultur. Selbst in dem geschichtlich uralten Nildelta stehen die Kanäle mit ihrem stillen blauen Wasser, ihren lebhaft grünen, sorgsam angebauten Dämmen, mit den Spuren der Hand des Menschen, der das alles in Ordnung hält, sehr weit von den Flußarmen von Rosette und Damiette ab, wo das Wasser in stärkerer Bewegung, immer trübe, von unbebauten Schwemmstreifen eingefaßt, dahingeht. Überhaupt ist der kulturlich beste Teil des Deltas in der Regel der obere und mittlere; im unteren, jüngeren, der oft mehr dem Meere als dem Lande gehört, ist der Anteil des Meeres und die Unfruchtbarkeit, auch die Gefahr der Überschwemmungen größer. Und auf den noch nicht ganz fest gewordenen jüngsten und äußersten Schwemminseln ist menschliche Existenz auch nicht vorübergehend möglich. In den mittleren und oberen Teilen zeigt sich um so wirksamer die Bereicherung des Bodens durch Überschwemmung mit schlammreichem Wasser. Im Nildelta sind fünf Achtel Kulturland, ein Fünftel Wasser und Sumpf, und ein Zehntel ist mit den Siedelungen der Menschen bedeckt, zu deren Schutz gegen Überschwemmungen die Natur hier nicht so großartig wie im Rheindelta durch Dünenbildung vorgearbeitet hat.

Im allgemeinen sind die Küsten um so bewohnbarer, je breiter sie sind. An der strandlosen Steilküste, wo kein Fuß zwischen Fels und Meer Raum findet, ist kein Raum für Menschen. Und wenn Menschen an solchen Steilküsten wohnen, um aufs Meer hinauszufahren, dann liegt ihre Siedelung hoch oben, und unten in einer steilwandigen Bucht sehen wir höchstens ein paar Segel schwanken. Ein halsbrechender Stufenweg verbindet beide. Manche Küstenablagerungen, wie Korallenriffe, Schäreninseln, Nehrungen, bieten den Vorteil, daß sie zwischen solche Küsten und das Meer ein ruhiges Wasser legen, das geschützte Fahrbahn oder wenigstens Ankerplatz bietet.

Es gibt auch breite Küsten, die wegen ihres Bodens von Natur unbewohnbar sind: Dünenküsten, Sumpfküsten, Mangroveküsten, auch viele Riffküsten. Ein großer, höchst anziehender Teil der Kulturgeschichte der Menschheit liegt in den Versuchen, solche Küsten zu unterwerfen, zu sichern. Dabei konnte man sich gewisser Eigenschaften der Küsten bedienen: der Dünen zum Schutze gegen die Wellen, des Sumpflandes wegen seiner Fruchtbarkeit, der Gezeiten zur Entwässerung. So sind die damm- und kanaldurchschnittenen Küstenländer entstanden, die mitten in den Herrschaftsbereich des Meeres hinausgebaut sind, und zwar so, daß, wenn in den Niederlanden heute die zum Teil an die Dünen angelehnten Deiche beseitigt würden, bei gewöhnlicher Flut die Provinzen Nord- und Südholland und Seeland, ferner Teile von Nordbrabant, Utrecht, Gelderland, Overyssel, Friesland und Groningen ertrinken müßten.

Von der Breite des Küstenstreifens hängt die Innigkeit der Beziehungen zwischen einem Volk und seiner Küste ab. Das Volk sucht alle Vorteile dieser Grenzlage zu entwickeln und verbindet so immer enger das Land mit dem Meere, am engsten dort, wo die beiden nach ihrer Natur ohnehin fast grenzlos ineinander übergehen. Ein Land wie Holland lehnt sich nicht bloß

an das Meer an, sondern verbindet sich mit ihm auf das innigste durch seine tausend Kanäle, durch die es in einen Archipel von festen Landstrecken zerlegt wird. Es schließt sich an den Gang der Fluten an, regelt durch Schleusen Zufluß und Abfluß, schützt sich durch Winterdeiche gegen die stärksten Sturmfluten und durch Sommerdeiche seine Marschwiesen gegen die gewöhnlichen Überschwemmungen. So entsteht ein Land, dessen Volk in tieferem Sinne Küstenvolk ist als jene Völker, die nur auf einer Stufe ihrer Entwickelung an die Küste gebunden sind. Die Durchdringung des ganzen Landes mit dem Wasser des Meeres und der Flüsse schafft



Ein Fischerdorf am Mekong. Nach Photographie.

einen fast insularen Zustand. Wenn das ganze Land durch Überschwemmung weiter Striche gegen eine feindliche Invasion geschützt werden kann, nähert es sich auch durch den Schutz seiner Lage der Natur eines landreichen Archipels.

Die Wohnstätten der Menschen suchen an und auf den Küsten zunächst die geschützten Stellen. Küstenvölker siedeln auf Kücteninseln und Halbinseln, auf Bergen, die über das Meer hinschauen, auf Flußmündungs- oder Delta-Inseln, auf Pfahlbauten, die an tropischen Küsten Amerikas, Asiens und Ozeaniens auch heute noch bewohnt werden (s. die obenstehende Abbildung), auf künstlichen Aufschüttungen (Worthen des Nordsee-Marschlandes). So liegen auch heute noch die größten Seeplätze auf Küsteninseln, in Flußmündungen, auf Deltaland; das Schutzmotiv ist mehr in den Hintergrund getreten, der Verkehr, und besonders der Verkehr mit dem Innenlande, beherrscht heute die Anlagen der Seestädte. Dabei zeigt es sich, daß, wo der Mensch an der Küste siedelt, er durch Schutz- und Hafenbauten die Berührungslinie zwischen Land und

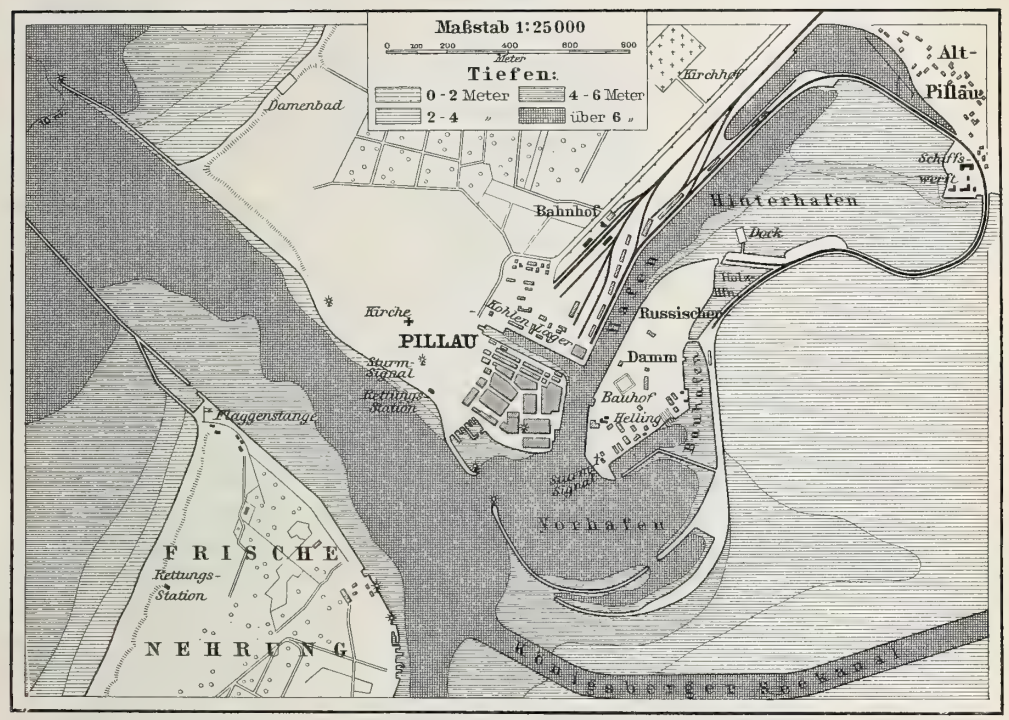
Meer um ein Vielfaches vergrößert. Unsere Seestädte legen sich so breit wie möglich an das Meer, sie füllen ganze Buchten aus, bedecken nicht bloß Inseln, sondern überwachsen, wie New York, ein ganzes Insel-, Halbinsel- und Flußmündungsgebiet, dessen Wasserarme sie alle umschließen.

Wenn der Formenreichtum der Küste, den ein inniges gegenseitiges Durchdringen von Land und Wasser bewirkt, schon dem Pflanzen- und Tierleben so manche erwünschte Siedelungsgelegenheit in Buchten, Klippen, Lagunen, Küsteninseln und -halbinseln bietet, so hat für den Menschen die Küstengliederung im Laufe seiner Entwickelung eine noch viel größere Bedeutung gewonnen, die freilich ursprünglich auf denselben Eigenschaften beruht. Was verstehen wir nun unter der Küstengliederung, die der Mensch in so hohem Maße sich zu nutze gemacht hat? Es ist ein Gesetz der Küstenbildung, daß mit großen Gliederungen eines Landes auch kleine Gliederungen der Küste zusammen auftreten, während Länder, die arm an Halbinseln, Inseln und tieferen Meeresbuchten sind, auch an jenen kleineren Halbinselbildungen, Inseln und Einschnitten arm sind, die doch die Vorbedingung einer reichen Hafenbildung sind. Europas mächtig zerklüftete Inseln und Halbinseln im Norden und im Mittelmeer sind auch reich an Häfen, wogegen Afrika so hafenarm ist, wie es plump gebaut ist. Man darf aber nicht übersehen, daß hier doch zwei sehr ungleichartige Dinge zusammengeworfen sind, die allerdings auch in der allgemeinen Küstenlinie beisammen liegen: die große Gliederung des Festlandes und die kleinen Formen der Küste. Für uns handelt es sich jetzt nur um die Form der Küste.

Gibt es einen einfachen Ausdruck für die Größe der Küstengliederung? Man gibt in der politischen Geographie die Länge der Meeresgrenze eines Staates an; diese beträgt für Italien 6350 km, für Frankreich 3120 km, für Deutschland 1270 km. Das sind Zahlen, die entschieden den Wert der Verdeutlichung haben. In diesen Zahlen liegt die Länge der Berührungslinie des Volkes und des Staates mit dem Meer ausgesprochen; sie deuten auf die Menge der Menschen, die aufs Meer hinausgewiesen sind, die von dem Meere leben, auf die Summe der Wechselwirkungen zwischen hier und über See. Für den Staat liegt aber auch darin die Länge der Linie, die von feindlichen Schiffen angegriffen werden kann, die der Landung des Feindes offen steht, die also verteidigt werden muß. Wer könnte übersehen, daß die 6350 km der Küstenlänge Italiens für das Land schwere Gefahren einschließen? Sie zwingen Italien, Seemacht zu sein, wenn es unabhängig bleiben will. Indem man diese absolute Zahl mit der kürzesten Linie in Beziehung setzt, die ein Land, kreisförmig gedacht, umfaßt, erhält man die Möglichkeit des Vergleiches. Bei Griechenland ist die Festlandküste 3100 km lang, das ist $3^1/_4$ mal mehr als die kürzeste Umgrenzungslinie der griechischen Landfläche.

Nach der Gliederung beurteilt, wäre nun von allen Küstenarten die Fjordküste die kulturgünstigste. Vergrößert sich doch durch Buchten und Inseln die Länge der Küstenlinie an Fjordküsten auf das Sechs- bis Zehnfache ihres glatten Umrisses. Norwegens Küste ist allein gegen 30,000 km lang. Man sieht schon hier auf den ersten Blick, daß die Küstengliederung allein nicht den ganzen Wert einer Küste verdeutlichen kann. Zunächst kommen auch die großen Züge in der Gestalt des ganzen Landes in Betracht. Und dann ist die Küste überhaupt nicht bloß von außen zu beurteilen. Für die Bewohner eines Landes ist die Erreichung der Küste von innen her, aus dem „Hinterlande", die Vorfrage, die beantwortet sein muß, ehe man sich mit dem Meere in Verbindung setzen kann. In Europa kommt das in Rand- und Binnenmeeren tief eingreifende Meer von Westen, Norden und Süden den Völkern entgegen, im Peloponnes gibt es keinen Punkt, der mehr als 52 km, also einen starken Tagemarsch, vom Meere entlegen wäre; in Afrika dagegen ist es für alle Völker des Inneren schwer, an die Küste zu kommen. Der

Küstensaum hat also auch seine Innenseite, und von dieser aus können gewissermaßen Verlängerungen ins Innere des Landes gehen. Es ist der Vorzug der Lagunenküste, eben durch die Lagunen das Meer dem Lande näher zu bringen, das Übergangsgebiet zwischen beiden zu erweitern. Es gibt Länder, deren Bewohnern das Meer nicht entgegenkommt, die aber in den Flüssen die Verbindung mit dem Meere haben. Die 40,000 km schiffbaren Strecken des Amazonenstromgebietes bedeuten ein Binnenmeer mit entsprechend ausgedehnten, ausgebreiteten Buchten, das mit dem Meere durch die Mündung des Amazonas in Verbindung steht. Geographisch hat die Nordsee eine kleine Strecke oberhalb Hamburg, wo die Gezeiten aufhören, ein Ende, aber



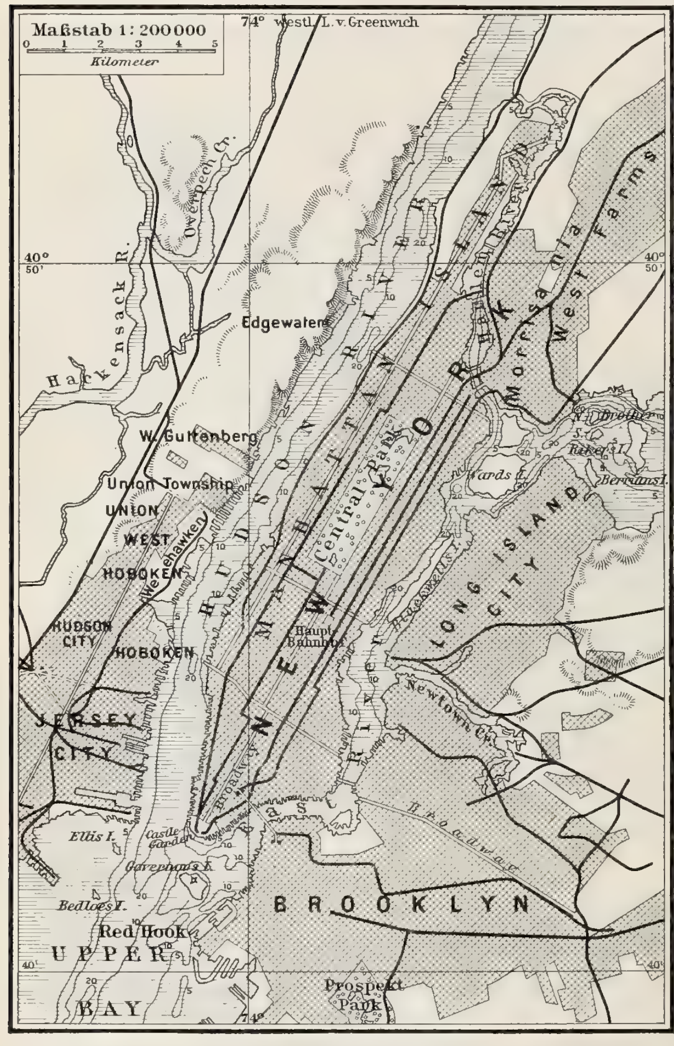
Der Hafen von Pillau. Nach der deutschen Seekarte. Vgl. Text, S. 456.

für den Verkehr setzt sie sich bis nach Aussig, den großen Umschlageplatz an der böhmischen Elbe, fort. Hankou, am mittleren Yangtsekiang gelegen, wo der Hankiang einmündet, von großen Fracht- und kleinen Kriegsschiffen erreichbar, liegt fast noch ebensogut am Meere wie Schanghai. Bei allen Ländern hängt daher viel davon ab, nach welcher Seite sie geneigt sind, denn dorthin liegen ihre bevorzugten Wege zum Meere und vom Meere ins Land hinein. Amerika neigt zum Atlantischen Ozean, Deutschland zur Nord- und Ostsee, und zwar wegen der sekundären Neigung nach Nordwesten mehr zur Nordsee; Istriens belebteste Küste ist die südwestliche, denn dorthin neigt sich die Halbinsel.

In der amphibischen Natur der Küste liegen ihre Verbindungen mit dem Meere und dem Lande und zugleich die seitlichen Verbindungen, nämlich in den Küstenlagunen, mit den Nachbarländern zur Rechten und zur Linken. Sehen wir Hamburg an: Hamburg hat drei natürliche Verkehrswege: die Elbe hinab zum Meere, die Elbe aufwärts und von der Elbe zur Trave und Ostsee. Außerdem führen noch schmale Kanäle durch das Marschland und größere „Tiefe“ im

Wattenmeer nach Westen. So hat Königsberg seine Wege im Frischen Haff, zur Ostsee und auf dem Pregel (s. das Kärtchen, S. 455).

Die Inseln und Klippen der Fjord- und Schärenküsten sind eine Gefahr für die Schiffahrt, aber hinter ihnen liegt ein ruhiges Meer: „. . . so viele Felsen und Inselchen, zwischen denen sich nach und nach das aufgebrachte und schäumende Meer beruhigt und nahe am Lande still wird wie ein Landsee". (L. von Buch.) Daher die günstigen Küstenwässer für Fahrt und Fischfang. Fjordküsten bieten in der Regel große Wassertiefen, und ihre Häfen verseichten nicht so leicht wie die der Lagunen- und Deltaküste oder die Flußmündungshäfen. Die Fjorde sind ausgezeichnete Häfen, abgesehen von zwei Mängeln: sie sind oft zu tief, und ihr Eingang ist durch Klippen erschwert. Aber Häfen von idealer Ruhe, Geräumigkeit und Geschütztheit liegen dann hinter den Hemmnissen der Schiffahrt. Die Häfen von Bergen in Norwegen, von Portland im nordamerikanischen Staate Maine, von Victoria auf Vancouver, wo man durch lange schmale Meerengen in ein geräumiges Becken geführt wird, gehören zu den besten Ankerplätzen der Erde. Auch der vorzügliche Hafen von New York (s. das nebenstehende Kärtchen) dankt seine Eigenschaften der Fjordnatur des unteren Hudson.



Der Hafen von New York.

Das beste Verkehrsnetz, das die Natur selbst zwischen Land und Meer schafft, ist das Netz der Delta-Arme: langsam fließende, miteinander sich verzweigende Wasseradern in Schlickufern von beträchtlicher Festigkeit, oft ziemlich tief, dabei von Strecke zu Strecke sich wiederholend und schließlich am Meer endigend. Die Erleichterung des Verkehrs, die hierdurch erzeugt wird, schildert Rennell vom Gangesdelta: „So gleichmäßig und wunderbar sind diese natürlichen Kanäle über ein Land verteilt, das einer vollkommenen Fläche nahekommt, daß man behaupten darf, mit Ausnahme

von Burdwan, Birbum u. s. w., die zusammen nicht ein Sechstel von Bengalen ausmachen, besitzt jeder andere Teil des Landes selbst in der trockenen Zeit einen schiffbaren Fluß weitestens in 25 Meilen (engl.) Entfernung und gewöhnlich im dritten Teil dieser Entfernung." Es liegt in der Natur des Deltas, daß nicht alle seine Arme gleich günstig für den Verkehr sind. Es ist immer ein Arm, durch den die größte Wassermasse sich ergießt, auch der tiefste, daher für die Schiffahrt zugänglichste. So ist der Hugli im Gangesdelta, so der Wusung im Delta des Yangtse, der erst seit dem 13. Jahrhundert herangewachsen ist, so der Westarm des Nildeltas bevorzugt. Oft erfahren diese Arme Versandungen, Teilungen oder schließen sich sogar ganz, worauf die Hauptmasse des Wassers, nach anderer Seite durchbrechend, einen anderen Arm vertieft.

So verschieden wie die Vorteile sind die Gefahren der Küsten. Die Flachküste zieht sich unsichtbar mit Bänken und Watten ins Meer hinaus, sie ist nur an wenigen tiefen Stellen zugänglich; die Steilküste setzt sich hoch und schroff dem Meer entgegen, ist von weitem sichtbar, ihre Vorgebirge senden selbst Klippen und Türme voraus, die wie natürliche Warnungen dem Seefahrer das dahinterliegende Land verkünden. Aber ein Schiffbruch an steiler Küste ist eine größere Gefahr als ein Stranden auf flacher. Leopold von Buch hat den Unterschied in seiner Reise durch Norwegen (1808) gezeichnet: „Wenn die vielen Kattegatsfahrer in Stürmen und dunkeln Nächten die enge Einfahrt von Skagen verfehlen oder sich noch in der Nordsee glauben, wenn sie schon Jütland vorbei sind, dann strandet das Schiff auf den jütländischen Riffen, die sich in einer dreifachen Reihe an der Küste hinziehen. Es stößt auf den Sand, versinkt immer tiefer darinnen und tiefer, bis der innere Raum ganz mit Sand angefüllt ist. Dann holt man wohl bei ruhigem Wetter, was noch von solchem Schiff brauchbar sein kann; allein der Rumpf bleibt viele Jahrzehente stehen, ein warnendes Beispiel den Nachkommenden. Strandet hingegen in Norwegen ein Schiff, so ist es unaufhaltsam an den Klippen zerschlagen und in wenigen Stunden bis auf die letzte Spur zerstört und vertilgt. Die Nachkommenden ahnen das Unglück ihrer Vorgänger nicht."

Ein Teil der Geschichte Ägyptens ist die Geschichte der Veränderungen der Delta-Arme des Nils. Der Canopusarm des Nildeltas, der für die Alten der wichtigste war, daher auch als Grenze zwischen Asien und Afrika galt, ist längst nicht mehr vorhanden; Teile von ihm sind im Arm von Rosette und im Alexandriakanal zu vermuten. In seinem Gebiet, also im westlichen Teil des Deltas, ist heute der Arm von Rosette der wertvollste. Der Arm von Pelusium, der noch zu Alexanders des Großen Zeit schiffbar und der wichtigste Flußarm im östlichen Delta war, wird heute vom Nil kaum beim höchsten Wasserstand benutzt, und sein Wasser dient nur zur Bewässerung. Das Emporium des unteren Yangtsekiang lag einst bei Tschinkiang, 440 km vom Wusungarm entfernt, an dem heute Schanghai als Hauptstadt des Yangtse- und Seeverkehres sich erhebt. Solche Bewegungen ergreifen nicht bloß einzelne Plätze; es finden Bewegungen ganzer Bevölkerungen von einem Deltagebiet zum anderen oder vom Delta auf das eigentliche Festland statt. Die Auswanderungen aus Holland nach den großen Sturmfluten des 13. Jahrhunderts haben Norddeutschland mit niederfränkischen Elementen durchsetzt. In Ägypten hat in einem viel langsameren Prozeß im Laufe der Geschichte die Bevölkerung Unterägyptens sich vom östlichen Teile immer mehr zurückgezogen, der dadurch der ruinenreichste geworden ist.

Die Häfen.

Hohe Wellen entstehen nur auf großen Wasserflächen; daher suchen die Schiffe ihre Ankerplätze in irgendwie abgeschlossenen Meeresteilen. Die Naturbedingtheit der Häfen liegt also in ihrem Schutz gegen die großen Wellen und die Dünung des Meeres, sowie in ihrem Ankergrund. Auf den Windschutz kommt es dabei weniger an, da die Schiffe heftige Stürme lieber auf offener

See als im Hafen „abwettern“. Solche geschützte Stellen schafft die Natur selbst, hauptsächlich auf drei Wegen: sie schützt die Küste durch eine vorgelagerte Insel oder Bank, oder bricht eine Bucht in die Küste, oder schneidet mit der Kraft des strömenden Wassers ein Thal in die Küste. Es gibt also Häfen hinter Inseln oder Bänken (Pillau [vgl. das Kärtchen, S. 455], Memel, Aden, Santa Isabel auf Fernando Póo), Häfen in Buchten (Pola [s. die untenstehende Karte], Piräus, Konstantinopel, Cattaro) und Häfen in Flußmündungen (Hamburg [s. die beigeheftete Karte „Der Hafen von Hamburg“], Bremen, New York). Mündungshäfen liegen sehr oft



Der Hafen von Pola. Nach der Spezialkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie.

nicht an dem mündenden Flusse selbst, sondern an einem geschützteren Nebenarm, wie Danzig, Schanghai, Kalkutta. Da das gesellige Auftreten ähnlicher Buchten, Mündungen und dergleichen in der Natur der Küste liegt, finden wir die geschichtlich folgenreiche Thatsache, daß neben ausgedehnten hafenreichen Küsten hafenarme liegen. Längsküsten sind hafenarm, daher ist die Ostküste Italiens hafenarm im Vergleich zur Westküste Italiens. Hafenreich sind immer Fjordküsten, Küsten des mittelmeerischen Typus, Bodden und Schärenküsten und die Küsten, an denen große Flüsse münden. Der an guten Häfen reichste Erdteil ist Europa mit seinen mannigfaltigen gliederreichen Küsten, der ärmste ist Afrika mit seinen einförmigen Hochlandküsten.

Die Küstenvölker.

Auf den Küsten bilden sich besondere Völkertypen aus. Die Nähe des Meeres erzieht sie zuerst zu Fischern, dann zu Schiffern; die Beschränktheit des Küstenstreifens treibt die Einzelnen

HAFEN VON HAMBURG.

Maßstab 1:100000

Bibliographisches Institut in Leipzig.

zur Auswanderung, ganze Völker zur Ausbreitung, Eroberung, Kolonienbildung. Dabei halten sie an dem schmalen Küstenstreifen fest, der ihnen die ununterbrochene Berührung mit dem Meere gewährt, und bilden darauf ihre schmalen, landarmen, meerbeherrschenden, mit Vorliebe nach Halbinseln und Inseln ausgreifenden Staaten aus. Die Phöniker, Karthager, Athener, Venezianer sind geschichtliche Typen. Aber auch unter Naturvölkern ist der Unterschied zwischen Küsten- und Binnenvölkern beträchtlich. Malayen und Papua, Eskimo und Indianer, Tlinkit und Tschilkat in Nordwestamerika, Feuerländer und Patagonier im Süden des Erdteiles sind ebenso beredte Zeugen der grundverschiedenen Einflüsse der Küsten und des Binnenlandes.

Der Handel, der die Küstenvölker bereichert, bereichert ihre Kultur, der Verkehr vermehrt ihre Weltkunde und schärft ihren Verstand; die Zuwanderung unternehmender Fremden verbessert nicht selten ihre Rasse (Suaheli, Sundanesen). Das Bewußtsein des gesicherten Rückhalts macht sie gewaltthätig, leitet zu Seeraub und Strandraub an. Um ihre Vorteile zu sichern, hindern sie die Landbewohner, an die Küste zu kommen und streben nach Ausschließung des Wettbewerbes von ihren Zielen und Wegen. Daher in Afrika wie in Nordwestamerika das Drängen der Binnenvölker an die Küste. Auf höherer Stufe liegt die Versuchung nahe, von der schmalen Basis eines Küstenstreifens weitere Gebiete zu beherrschen, als thunlich ist. An dieser „Politik der Küstenvölker" sind Athen und Venedig zu Grunde gegangen und viele weniger berühmte vor und nach ihnen. Aber sicher führt auf dieses Hinausstreben auch manche überraschende Thatsache der Völkerverbreitung zurück. Denn bei erfolgreicher Ausbreitung vermochten kleine, aber durch ihre Wohnsitze im Wachstum geförderte und geschützte Küsten- und Inselvölker ungemein weite Räume zu bedecken, wobei sie allerdings große Länder nur am Rande besetzen konnten. So dürfte die weite und doch lockere Verbreitung der Malayo-Polynesier und der Eskimo zu erklären sein.

Es wäre indessen eine falsche Auffassung vom Werte der Küsten, wenn man jeder Küste eine erziehende Wirkung auf ihre Bewohner ohne Rücksicht auf die Rasse, die Kultur und die Gesamtheit der geschichtlichen Bedingungen zuschreiben wollte. Es gibt im Gegenteil sehr viele vortreffliche Küsten, deren Nutzen niemals von ihren Anwohnern erkannt worden ist. Neger, Australier und Melanesier sind nur an wenigen Stellen ihrer küsten- und inselreichen Wohngebiete aufs Meer gegangen. Und wenn auch die Feuerländer und die paar hundert verwandten Bewohner der anderen südwestpatagonischen Inseln vorwiegend vom Meere leben und sich dadurch scharf von den Bewohnern des insel- und buchtenärmeren Südwestpatagonien unterscheiden, schweifen sie doch kulturarm zwischen ihren Klippen umher. Die Fischer- und Schiffervölker und überseeischen Kolonisten ihrer Gebiete mußten von außen kommen. Daher ist die Erschließung der natürlichen Vorteile immer zahlreicherer Küsten eines der Zeichen des Fortschrittes der Kultur. Auch haben wir kein geschichtliches Beispiel von der selbständigen Erfindung der Schiffahrt in einem dafür so trefflich geeigneten Gebiet wie Griechenland oder Australasien. Die Schiffahrtskunst ist vielmehr viel älter, als man lange glaubte, und scheint selbst in das Mittelmeer von außen hineingetragen zu sein. Wenigstens sind die Phöniker von jenseits der Grenzen dieses Meeres eingewandert. Die Vorteile der Küsten sind zahlreich, und zwar sind sie über alle Zonen zerstreut; aber es mußten, wenn sie fruchtbar werden sollten, die entsprechenden Neigungen und Begabungen im richtigen geschichtlichen Augenblick sich einfinden.

V. Gesteine, Schutt und Erdboden.

Inhalt: Was versteht der Geograph unter Gesteinen? — Die Einteilung und Zusammensetzung der Gesteine. — Die physikalischen Eigenschaften der Gesteine. — Gefüge und Lagerung. — Die geographische Verbreitung der Gesteine. — Der Erdboden. — Bodenbeschaffenheit und Klimazonen. — Die Schuttlagerung. — Die Schuttbewegung. — Der Schutt und die Pflanzendecke. — Das Schuttkar. — Alter Schutt. Nagelfluh und verwandte Gesteine. — Staub- und Sandniederschläge. — Die Natur der Dünen. — Das Wandern der Düne. — Verbreitung und Entstehung der Dünen. — Verschiedene Wirkungen der Dünen. — Staubboden. Löß. — Lateritboden und Terra Rossa. — Die organische Erde. — Humusboden. — Schnee und Firn als Humusbildner thätig. — Die Befestigung der Erde durch Pflanzen. — Moor und Torf. — Das Treibholz.

Was versteht der Geograph unter Gesteinen?

Gesteine sind feste Körper, massig oder locker, die einen so großen Anteil am Aufbau der Erde nehmen, daß sie die Natur des Erdbodens in weiten Gebieten bestimmen. Kein Gestein ist zusammenhängend über einen großen Teil der Erde verbreitet, die meisten sind linsenförmige Massen, die, über- und ineinander geschichtet und von Klötzen und Gängen anderer Gesteine durchbrochen, zu Tausenden die Erdrinde zusammensetzen. Demnach wäre es nicht unpassend, Bausteine statt Gesteine zu sagen. Der früher übliche Ausdruck Gebirgsarten sollte dagegen vermieden werden. Gerade für die Geographie sind die lockeren Gesteine der Tiefländer oft wichtiger als die harten Gesteine der Gebirgsgerüste. Auf den inneren Zusammenhang, der sich aus der wörtlichen Auslegung von „Gestein“ ergibt, kommt es bei den Gesteinen nicht an. Firn und Eis, die Hunderttausende von Quadratkilometern mit ununterbrochenen Schichten bedecken und besonders als Inlandeis und Gletscher die Formen der Erdoberfläche wesentlich mitbestimmen, sind ebensogut Gesteine wie Löß, Dünensand oder Torf. Der Geograph hat ein großes Interesse, dieses zu betonen, denn für ihn gewinnen gerade jene an der Erdoberfläche in größeren Massen erscheinenden Stoffe Bedeutung, die man aus der Betrachtung der die Erde zusammensetzenden auszuschließen geneigt ist, weil sie weder dauernd fest sind, noch dauernd an denselben Stellen lagern; sie bestimmen aber großenteils die Natur der Erdoberfläche.

Unseren Grundanschauungen würde es ohnehin widersprechen, die Gesteine als starre unveränderliche Dinge zu betrachten. Es gibt in den Gesteinen alle Stufen von Veränderlichkeit, keines ist unveränderlich. Die Lava wandelt unter unseren Augen ihren Aggregatzustand, nicht minder der Schlamm, der Sand, der Schutt: sie waren flüssig und werden fest. Diese Gesteine rücken dann außerdem von einer Stelle zur anderen. Andere erscheinen periodisch, jährlich Schnee und Firn, in größeren Zwischenräumen die vor- und zurückschwankenden

Eismassen der Gletscher und Inlandeismassen. Diese könnte man intermittierende Gesteine nennen. Andere endlich entstehen in langen Zeiträumen, wie die Kalkfelsen, zu denen die mikroskopischen Niederschläge am Meeresboden anwachsen und sich verfestigen, und sie vergehen, ans Licht gebracht, in vielleicht noch viel längeren Zeiträumen. Ein Gesteinslager wird zerstört, um Material für neue Gesteine zu gewinnen. So verläuft ein großer Teil der Erdgeschichte in Bildung und Umbildung von Gesteinen. Die Gesteine sind für uns die wichtigsten Zeugen der Geschichte der Erde, und sie umschließen noch außerdem unzählige und sichere Zeugen dieser Geschichte in den Versteinerungen, welche Reste organischer Wesen der Vorzeit sind, oder in alten, verschollenen Gesteinen: Granit kommt anstehend auf Java nicht vor, aber alttertiäre Schichten enthalten große Rollsteine von dieser Felsart, die also am Aufbau Javas sich in unsichtbarer Tiefe beteiligt.

Die Einteilung und Zusammensetzung der Gesteine.

Die Geologie unterscheidet zwei Hauptgruppen von Gesteinen nach ihrer Entstehung: Durchbruchsgesteine und Absatzgesteine. Auch für die Geographie wird es immer wichtig sein, die aus der Erde hervorgebrochenen, in heißem Flusse ergossenen Gesteine, die langsam zu dichten Massen kristallinisch erhärteten, von den geschichteten Gesteinen zu unterscheiden, die, Körnchen für Körnchen aus dem Wasser oder der Luft abgesetzt, aufgeschichtet worden sind. Wenn jene dicht sind, sind diese locker, und den massigen Blöcken jener stehen die übereinandergelagerten Schichten dieser gegenüber. Die Durchbruchsgesteine bilden Kuppen, Gänge und Decken und sind entweder, wie die meisten Granite und andere alte kristallinische Gesteine, in der Tiefe unter Druck erstarrt oder, wie die vulkanischen, frei an der Oberfläche als Lavaströme fest geworden. Die Absatzgesteine bilden Lager und Mauern.

Obgleich diese Einteilung triftig genug ist, ziehen wir doch eine andere vor: Für uns gibt es zunächst Gesteine der Erdoberfläche, die von unmittelbarer Bedeutung für die Geographie sind, und Gesteine der Tiefe, die ihr ferner liegen. Ebenso gibt es lockere Gesteine, die Wasser und Luft eindringen und das Leben sich einwurzeln lassen, und massige, die das Leben zurückweisen. Der Geograph hat sich also mehr als mit allen anderen mit den Gesteinen zu beschäftigen, welche die Erdoberfläche bilden: den Erzeugnissen des Zerfalles der Felsen, dem Schutt, dem Sand, der Erde, den Geröllen. Aus solchen lockeren Gesteinen entstehen die Absatzgesteine, und auch diese hat die Geographie eingehend zu betrachten. Ihre Bildung geht bis heute fort; sie entstehen aus einer Reihe von geographischen Vorgängen der verschiedensten Art. Daher zeigen diese Gesteine auch viel mehr Mannigfaltigkeit als die aus dem Erdinneren ausgeworfenen. Die einen sind im Meer, andere im Süßwasser, wieder andere von Quellen abgesetzt. Dabei sind sie aus verschiedenen Stoffen gebildet, bei denen es mit auf die Tiefe ankommt, in der die Gesteine abgelagert wurden, und darauf, ob sie in ruhigem oder bewegtem Wasser gebildet sind. Auch die Luft lagert Gesteine ab, deren Material sie als Staub und Sand daherträgt: Gesteine äolischer Bildung. Löß, Dünen, Tuffe sind Beispiele für die weite Verbreitung dieser Gesteine. Sie sind nicht so deutlich geschichtet wie die aus Wasser abgesetzten, sind ihnen aber durch ihre Entstehung aus kleinen Teilchen ähnlich. Oft ist es schwer, zu unterscheiden, ob wir eine Ablagerung der Luft oder des Wassers vor uns haben. So können sich Sandsteine sowohl aus dem Wasser als auch aus der Luft absetzen, und bei vielen vulkanischen Tuffen sind wir im Zweifel, ob sie aus trockener oder verflüssigter vulkanischer Asche entstanden sind.

In mächtigen Lagern finden wir an der Erde Gesteine, die weder aus der Tiefe hervorgebrochen, noch aus dem Wasser oder der Luft abgesetzt, noch endlich durch Zersetzung der einen oder anderen entstanden sind. Gneis und kristallinische Schiefer gehören dazu. Es sind geschichtete, aber stark veränderte (metamorphische) Gesteine. Wärme und Druck haben ihnen neue Merkmale verliehen. Metamorphische Gesteine sind an der Erdoberfläche vielfach vorhanden, z. B. im nördlichen Nordamerika, im Inneren von Brasilien, in Nordeuropa; sie bilden den Kern großer Gebirge, aber noch viel weiter sind sie in der Tiefe verbreitet, wo man sie wahrscheinlich überall auf dem Grunde aller anderen Gesteine finden wird. Sie sind alt, wo sie weite Gebiete an der Erdoberfläche bedecken, und jung im Kern der Gebirge. Sie mahnen uns in ihrer Doppelnatur, nicht allzu scharfe Unterschiede zwischen den Bausteinen der Erde zu machen. Die scheinbaren Gegensätze von Feuer- und Wassergebilden durchdringen hier einander. Besonders bei der Gebirgsbildung hat Druck allein große stoffliche Veränderungen bewirkt, vollständige Überführungen eines Minerals in ein anderes, die wir sonst der Wärme vorbehalten glauben. Die Erde kann nicht als ein Bau betrachtet werden, bei dem bald die einen und bald die anderen Bausteine an die Reihe kommen; sie ist vielmehr das Ergebnis einer höchst verwickelten Geschichte von ineinander greifenden äußeren und inneren Veränderungen. Jedes Stück trockenen Landes, wo wir unseren Fuß hinsetzen, ist einmal mit Wasser bedeckt, Meeres- oder Seeboden gewesen. Jedes Stück Meeresboden ist bestimmt, einst wieder festes Land zu werden. Jedes Gestein konnte in die Tiefe versenkt, durch Druck und Wärme verändert werden und aus jedem Fels durch Verwitterung ein neues lockeres Gestein hervorgehen.

Im Grunde sind für den Geographen die Gesteine der Erdoberfläche die einzigen, mit denen er sich unmittelbar zu beschäftigen hat. Was darunter liegt, gehört der Geologie und ihren Hilfswissenschaften. Es liegt aber auf der Hand, daß man die Gesteine der Erdoberfläche nicht verstehen kann, ohne die tieferen Gesteine zu kennen, aus denen sie entstanden sind, selbst wenn man die Auffassung von Pallas nicht teilt, daß der Granit „der vornehmste Bestandteil des Erdinneren“ und die „Urmaterie“ aller anderen Gesteine sei. Manchmal gehören beide Arten so nahe zusammen, daß man sie nicht trennen kann. So geht der Laterit in unterlagernden Granit über, aus dem er entstanden ist, ohne daß eine Grenze angegeben werden könnte. Übrigens gibt es auch andere Merkmale, außer denen der Lage, zur Unterscheidung der Gesteine der Erdoberfläche und der Tiefe. Der Geolog unterscheidet kristallinische und klastische Gesteine. Alle Tiefengesteine sind kristallinische, die große Menge der Oberflächengesteine ist klastisch. Kristallinisch treten die Gesteine aus der Tiefe hervor, klastisch werden sie durch Zerfall in der Berührung mit Luft und Wasser.

Nur dreizehn Elemente treten gesteinbildend an der Erde auf: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Chlor, Schwefel von den nichtmetallischen, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Silicium, Eisen von den metallischen Elementen. Die anderen Grundstoffe könnte man sich von der Erde wegdenken, ohne daß damit die Erdrinde, so wie wir sie kennen, irgend erheblich verändert würde, aber diese dreizehn sind notwendig. Rein kommt zwar von ihnen allen nur der Kohlenstoff in großen Mengen vor, höchstens noch der Schwefel; die anderen treten massig nur in Verbindungen auf. Einfache Verbindungen kommen aber ebenfalls selten vor. Die Kieselsäure, die rein und massig als Quarzfels auftritt, ist ein Beispiel. Dagegen sind die meisten und wichtigsten Gesteine nicht bloß aus mehreren Verbindungen zusammengesetzt, wie Thon aus Thonerde und Kieselsäure, Eisenspat aus Eisenoxydul und Kohlensäure, sondern sie stellen Gemenge aus einer Anzahl von solchen Verbindungen dar: Mineralien, von denen 800—900 Arten unterschieden werden. Regelmäßig tritt in diese Mengungen Wasser, sehr häufig treten organische Bestandteile ein; außerordentlich weit verbreitet sind Kieselsäure, Thonerde, Kohlensäure und Eisen, besonders in den

Feldspatgesteinen, in denen Feldspat und Quarz Zusammensetzungen mit anderen Mineralien, wie Glimmer, Hornblende, Augit u. a., eingehen. Beim Zerfall liefern sie Thon, Sand und Salze (Kalium, Natron), die diese „Feldspatgesteine" zu den wichtigsten Lieferanten der Verwitterungskrume erheben. Leichte Änderungen in der Mischung der Thonerde, Kieselsäure, der Salze, des Eisenoxyds, bedingen, daß ein Feldspatgestein zersetzlicher ist als ein anderes, und davon hängt wieder die Pflanzendecke und die Fruchtbarkeit weiter Gebiete ab.

So wenig beträchtlich der Anteil der Kohle am Aufbau der Erdrinde ist, so wichtig ist der Gehalt der Gesteine an Kohlenstoff für alles Leben auf der Erde und also auch für den Menschen. Nach dem Gehalt an Kohlenstoff stufen sich die Gesteine der Erdoberfläche in der Weise ab, daß von den kristallinischen und vulkanischen ohne jeden Gehalt an Kohlenstoff oder Kohlenstoffverbindungen eine Reihe entsteht bis hinüber zu den ganz oder vorwiegend aus Kohlenstoff und Kohlenstoffverbindungen zusammengesetzten Gesteinen. Dazwischen liegen unter anderen die kohlensauren Kalke. Besonders wichtig ist die Humuserde, deren Fruchtbarkeit sich wesentlich nach ihrem Gehalt an Kohlenstoff bemißt. Wir haben eine Gruppe von Kohlengesteinen, die überwiegend aus Kohlenstoff bestehen und ganz aus organischen und zwar vegetabilischen Prozessen hervorgegangen sind. Die älteren Gesteine dieser Art zeigen eine fortgeschrittene, auf reinere Darstellung des Kohlenstoffes gerichtete Umwandlung. Anthracit hat bis 96, Steinkohle bis 88, Braunkohle bis 70, Torf bis 60 Prozent Kohlenstoff.

Die physikalischen Eigenschaften der Gesteine.

Das härteste der Gesteine, womit es der Geograph zu thun hat, ist der Quarz. Für den Petrographen bezeichnet der Quarz den siebenten Härtegrad. Am anderen Ende steht von dem verbreiteteren Gestein der Gips mit zwei Grad. Die meisten Gesteine, die in größeren Massen auf der Erde vorkommen, stehen in der Mitte; viele, wie Schnee, Sand, Torf, haben überhaupt keine merkliche Härte. Das schließt aber nicht aus, daß Sandkörner, vom Sturm in Bewegung gesetzt, die härtesten Gesteine abschleifen und mit der Zeit durchbohren, oder daß der weiche Schnee als Lawine durch seine Masse und Geschwindigkeit den Boden aufreißt, über den er sich hinbewegt. Man ersieht schon daraus, daß es für den Geographen weniger auf die Härte als auf andere Eigenschaften der Gesteine ankommt. Dies ist schon darin begründet, daß wir es nur selten mit Gesteinen von einheitlicher Zusammensetzung zu thun haben. Die Härte des Quarzes kommt im Granit neben dem weicheren Feldspat und noch weicheren Glimmer wenig zur Geltung, sie äußert sich entschieden erst in den dauerhaften Quarzkörnern, die aus dem Zerfall des Granites entstehen, oder in dem seltenen Vorkommen von Quarzfels, der stehen geblieben ist, wo seine weicheren Umgebungen verwittert sind.

Wir haben auf das Gewicht der festen Bestandteile der Erdrinde schon früher (s. oben, S. 103) bei der Betrachtung des Gewichtes des Erdballes hingewiesen. Hier möge nur hervorgehoben werden, daß zwischen dem Wasser, dessen Gewicht als Einheit angenommen wird, und den schwersten Metallen, die 21—22mal schwerer sind, eine mannigfaltige Abstufung stattfindet, in der aber die Gesteine der Erdrinde durchaus auf der leichteren Seite stehen. Die schwersten unter ihnen, wie Basalt, haben ein spezifisches Gewicht von durchschnittlich 3, schon Granite und Porphyre erreichen nur 2,6—2,7, und als durchschnittliches Gewicht der die Erdoberfläche bildenden Gesteine kann man 2,5—3 nennen.

Die Löslichkeit der Gesteine im Wasser ist eine ihrer wichtigsten Eigenschaften. Es gibt Stoffe, die im Wasser so leicht löslich sind, daß sie sich nur dort erhalten haben, wo sie durch wasserundurchlässige Schichten gleichsam eingewickelt wurden. So geschah es mit den Steinsalzlagern, die sich nur in regenarmen Kontinentalgebieten bilden konnten und dann durch Thonschichten gegen die Auflösung im Wasser geschützt werden mußten. Außer Steinsalz, das in

2,86 Teilen Wasser und zwar, was wichtig ist, schon bei 0° löslich ist, gehört dazu Gips, der 460 Teile braucht. Kalk ist in 50,000 Teilen reinem Wasser, Thonerdesilikat in 200,000 Teilen löslich. (Über die Auflösungsvorgänge in der Natur s. unten, S. 534u. f. und in dem einleitenden Abschnitte des 2. Bandes, wo von der Stellung des Wassers in der Natur gesprochen wird.) Wasser geht mit den meisten Gesteinen feste Verbindungen ein, wobei es ihre Masse vermehrt. Das eigentümliche Verhalten des wasserfreien schwefelsauren Kalkes oder Anhydrits, durch Wasseraufnahme unter Aufquellen in Gips überzugehen, kann zu geographisch beachtenswerten Auftreibungen und Schichtenstörungen Anlaß geben.

Wenn die Auflösungsfähigkeit des Wassers durch Verdunstung, Abkühlung oder Kohlensäureverlust abnimmt, schlägt sich der gelöste Körper nieder, und es bilden sich Gesteinsniederschläge, die schalenförmig den Boden bedecken oder andere Körper einhüllen: Kieselsinter, Quellensteine.

Auf Kalkfelsen, die einem langsamen, beständigen Überronnenwerden durch Wasser ausgesetzt sind, setzt sich entweder ein weißer Kalkniederschlag ab, oder derselbe verstärkt sich zu einer Sinterkruste, oder es verwächst diese mit einer in der dünnen Wasserschicht üppig gedeihenden Algenvegetation, die eine eigenartige phytogene Kalkkruste über den Stein zieht. Aus solchen Niederschlägen gehen auch die dunkeln Überzüge und Streifen auf dem Kalkstein und Dolomit unserer Alpen, auch auf Graniten tropischer Gegenden hervor. Letztere treten besonders stark auf den Felsen der Wasserfälle und Stromschnellen auf. A. von Humboldt beschrieb zuerst den „bleifarbenen schwarzen Überzug weißer Granitblöcke" in den Wasserfällen des Orinoko, den er mit der schwarzen Rinde der Meteoriten verglich, die scharf von der grauen Masse abgesetzt ist. Heiße Quellen bilden große Sinterkessel und Sinterkaskaden aus Kalk oder Kieselsäure.

Sehr wichtig ist für den Geographen auch die Spaltbarkeit der Gesteine. Sie äußert sich dadurch, daß ein Stein, wenn er zerschlagen wird oder unter einer anderen Einwirkung zerspringt, nach bestimmten Flächen sich teilt, Spaltungsflächen, die mit den Grundflächen der Kristallform dieses Steines oder seiner Schichtung oder Schieferung parallel sind. Diese Flächen liegen oft dicht nebeneinander, so daß ein Stein in dünne Blätter oder feine Säulchen zerfällt. Es ist klar, daß das Maß der Spaltbarkeit von außerordentlicher Wichtigkeit für die Frage der Dauerhaftigkeit der Gesteine ist und ebenso für die Beschaffenheit des Schuttes, der aus dem Zerfall eines Gesteines besteht. Durch die Spalten dringen Luft und Wasser zersetzend in das Innere der Gesteine ein, und so bestimmt denn die Lage und Größe der Spalten die Größe der Gesteinstrümmer. Vgl. unten, S. 510 u. f. und die Abbildung, S. 465.

Die Farbe der Gesteine darf am allerwenigsten vom Geographen unterschätzt werden. Hängt doch von ihr ein großer Teil, oft der größte Teil des landschaftlichen Eindruckes ab. Wegen der roten Farbentöne des Laterits, die vom leuchtenden Purpur bis zum Rotgelb sich abstufen, hat man ganz Afrika den „roten Kontinent" genannt. Der Buntsandstein und das Rotliegende geben großen Teilen der westdeutschen Gebirge, besonders dem hessischen Gebirgsland, einen braunroten Grundton, der besonders auch in den Städten zur Geltung kommt, wo man mit solchen Steinen baut. Wo immer Kalksteine und Dolomite Gebirge bilden, da strahlen graue, gelbliche, rötliche Farben in die grüne Welt hinab. Über dem blauen Mittelmeer liegen sie in sehr großer Verbreitung, und dort erglühen sie in wunderbaren Purpur- und Indigoreflexen. Schroffe Gegensätze der Färbung entstehen, wo weißer Bimsstein auf dunklem Basalt liegt, wo grüne, bläuliche, rote, gelbe Mergel in der Keuperformation wechsellagern, besonders aber in vulkanischen Kratern, wo Chlor- und Schwefeldämpfe schreiende Farben erzeugen (vgl. oben, S. 175). Zu den grellsten Farben gehören die der Wüstengesteine. Dort wird die Oberfläche der Sandsteinfelsen schwarz und glänzend durch Sandschliff; und dieser düstere

Ton verwandelt sich „bei jedem Bruche und in jeder Schlucht in brennendes Goldgelb, dem eine Menge Sandbäche, wie Feuerströme aus schwarzen Schlacken, entrieseln und die Thäler füllen“ (Lepsius, von der nubischen Wüste). Sintersteine, die aus heißen Quellen abgesetzt sind, zeigen sehr oft lebhafte Farben, weil das Quellwasser zugleich auch die Lösung von Eisen und anderen Mineralien begünstigt. Kalksinter färbt sich grünlich und blaugrün von eingeschlossenen Algen. Eigentümlich ist der Fett- oder Wachsglanz des Gipses, dessen Farbe zwischen dem blendenden Weiß, das wir am Südrande des Harzes an 60 m hohen Gipswänden sehen, und



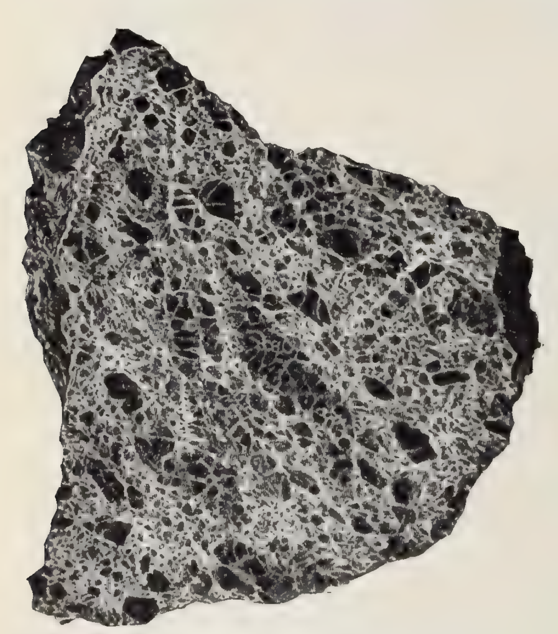
Die Adersbacher Steine. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 464.

blaugrau schwankt. Der Metallschimmer des Glimmers leuchtet aus Fels und Sand: der Cerro Plateado, der „versilberte“ Bergrücken in der Sierra Nevada de Santa Marta, hat von den leuchtenden Glimmerplättchen seiner Felsen den Namen. Die Farbenänderungen der Gesteine sind die sichtbare Folge einer unmerklichen chemischen Veränderung. Durch Oxydation der dunkeln organischen Substanzen bleichen Kalke, wenn auch in der Regel nur etwa bis zu 1 mm Tiefe von der Oberfläche, und es entstehen hellgraue, gelbe, rötliche Töne, die von der Farbe des Inneren der Gesteine weit verschieden sind. Das Ozon der Luft und das durch die Oxydation entstehende Ozon mögen hier beide wirksam sein. Eisenreiche Gesteine werden an der Oberfläche braun und rot, chlorithaltige grün, nephelinhaltige weißlich. Die grüne Hornblende, die den Granit dunkel färbt, scheidet bei der Zersetzung braunes Eisenoxyd aus; daher die trüb braunrötliche Rinde alter Granitflächen. Außer den Neufärbungen und Entfärbungen kommen auch eigentümliche Lichtwirkungen zu stande durch physikalische Veränderung der

Oberfläche. Die ursprünglich glatte Oberfläche der Lava wird (nach Licopolis Untersuchungen am Vesuv) nach 4—5 Jahren durch Zersetzung und Windgebläse körnelig, und damit trübt sie sich und wird oberflächlich heller. Und umgekehrt wird durch Sandwehen ein rauher Stein glänzend poliert, so daß er an Gleitflächen und Gletscherschliffe erinnert.

Gefüge und Lagerung.

Das Gefüge (die Struktur) der Gesteine wird durch die Größe und Gestalt der Gesteinselemente bestimmt. Es gibt Gesteine aus Kristallen, aus Trümmern anderer Gesteine und aus dichten Massen: kristallinische Gesteine, Trümmergesteine und dichte Gesteine. Unter den kristallinischen Gesteinen ist der Granit großkristallinisch, der Gneis in der Regel kleinkristallinisch, der Glimmerschiefer kleinkristallinisch und zugleich schieferig, sehr viele vulkanische Gesteine sind mikrokristallinisch, d.h. ihre kristallinische Struktur ist nur unter dem Mikroskop zu erkennen. Eine besondere kristallinische Struktur ist die des Porphyrs, wo Kristalle in einer dichten Grundmasse zerstreut sind. Alle diese kristallinischen Strukturen kommen in Abstufungen vor, die ineinander übergehen. In den Westalpen finden wir sogar Porphyrite, die durch Druck schieferig geworden sind. Bei den Trümmergesteinen ist die Größe der Gesteinselemente noch entscheidender für das Gefüge; ein Puddingstein, eine Nagelfluh, eine Breccie (s. die nebenstehende Abbildung) können aus faust- bis kopfgroßen Brocken zusammengesetzt sein, wogegen ein Sandstein aus kleinen, noch erkennbaren, ein Thon aus kaum mehr fühlbaren Teilchen besteht. Bei groben Trümmergesteinen sind die Elemente meist sehr ungleich, beim Sandstein sind sie oft sehr gleichmäßig.



Breccienartiger dolomitischer Kalk von Mandling im Dachsteingebiet. Nach F. Simony.

Auf das Gefüge wirkt auch die Anordnung der einzelnen Elemente eines Gesteins ein. Die Kristalle können bunt durcheinandergeworfen sein, wie im Granit, oder sie können parallel zu einander in gleichen Ebenen liegen, wie bei den kristallinischen Schiefern. In jenem Fall entsteht ein massiges kristallinisches Gestein, in diesem ein schieferiges. Die schieferige Struktur kommt auch bei nichtkristallinischen Gesteinen vor, so beim Thonschiefer, wo die einzelnen Blättchen in parallelen Ebenen angeordnet sind. Ob nun das schieferige Gefüge die Folge der Kristallisation in bestimmten Ebenen ist, wie bei den kristallinischen Schiefern, oder durch einen späteren Druck entstanden ist, wie bei den Thonschiefern, immer ist sie eine der wichtigsten Eigenschaften der Gesteine und entscheidet nicht selten über ihre Formen und besonders über deren Dauerhaftigkeit.

Die Biegungen und Faltungen, denen die Gesteine bei der Gebirgsbildung unterworfen werden, lassen die innere Struktur nicht unverändert. Durch den gewaltigen dabei stattfindenden

Druck werden sie in kleinste Teile zerbrochen, die aneinander verschoben und dann wieder verkittet werden (vgl. die Abbildungen, S. 227, 228, 229). Wo ein Ausweichen möglich ist, findet die Quetschung der Bestandteile des Gesteines zu Blättchen senkrecht zur Hauptdruckrichtung statt. So ist die Schieferung in ursprünglich massigen Gesteinen zu erklären, die aus Granit in Gneis übergehen, und andere Änderungen des feinen Aufbaues, wie die stäbchenförmige Absonderung der Griffelung. Auch bei der einfachsten Biegung können stoffliche, chemische Veränderungen eintreten. Kalke, die durch hohen Druck aus starren Massen zu



Kugelschaliger Basalt von Lukavecz im Temeser Komitat. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 468.

plastischen wurden, sind aus dem Zustande des gewöhnlichen geschichteten Kalksteins in den des körnigen Kalkes übergegangen, das Eisenoxyd der Eisenoolithe hat sich in Magneteisen verwandelt. Solche Veränderungen setzen eine große Wärmeentwickelung durch Druck voraus. Sie erinnern an das Experiment, das Späne und Pulver von Blei oder Zinn durch einige tausend Atmosphären Druck zu kristallinischen Massen zusammendrückt, die bei 5000 Atmosphären flüssig werden. So erklärt es sich, daß einfacher Jurakalk, der bei der Gebirgsbildung hohem Druck ausgesetzt war, in Marmor, Thon- und Mergelschiefer aber in glimmer- und chloritführende Phyllite, andere Ablagerungen, teils mit Erhaltung ihrer Versteinerungen, in Glimmer- und Chloritschiefer umgewandelt worden sind.

Zerklüftung ändert das Gefüge eines Gesteines unabhängig von der Anordnung der Gesteinselemente. Die Zerklüftung schafft große Abschnitte in einem Gestein, das vorher ein

Ganzes war, wobei ganz neue Formen entstehen, die für die Gestalt der Erdoberfläche entscheidend werden. Sie kann sich mit der Schichtung oder dem Gefüge verbinden und greift dann noch tiefer in den Zusammenhang des Ganzen ein. Geschichtete Sandsteine werden durch Klüfte senkrecht auf die Schichtung in Quader zerlegt. Auch Granite zerfallen in vier- oder vieleckige Quader, so daß ihre Wälle cyklopischen Bauwerken gleichen. Nicht immer sind die Klüfte sichtbar. In vielen Fällen lockert sich nur der innere Zusammenhang der Gesteine, und erst die spätere Verwitterung macht die schwachen Stellen kenntlich. Dann zerfällt ein scheinbar massiger



Erosionsformen in den Laramie Plains, Wyoming, Nordamerika. Nach Th. Moran.

Granit in Blöcke, die rundlich bis zur reinen Kugelform, wollsackförmig, bankförmig, gangförmig herauswittern, oder es bilden sich die schönsten Quadermauern, Pfeiler, Säulen aus den Granitmassen heraus (s. unten die Abbildungen, S. 520, 521). Zu den merkwürdigsten Zerklüftungen gehören die säulenförmigen der Basalte und anderer vulkanischen Gesteine, wobei die reinsten fünf- und sechseckigen Säulen von kristallinischer Regelmäßigkeit erscheinen, die bald stehen, bald liegen, bald von einem Mittelpunkte ausstrahlen (s. oben, S. 174). Auch kugelschalenförmige Zerklüftung (s. die Abbildung, S. 467) kommt bei Basalt vor. Trachyte zerklüften ähnlich, doch nicht so regelmäßig, und ihre Pfeiler pflegen dicker zu sein. Melaphyr zerklüftet in vieleckige Blöcke und Platten. Auch Gesteine, die von der Hitze benachbarter Vulkangesteine durchdrungen werden, zeigen diese pseudo-kristallinische Absonderung. Es gibt Sandsteine, die durch Hitzewirkung eine glasige Beschaffenheit erlangt haben und dann in scharfkantige Säulen zersprungen sind.



Dolomiten: Die drei Zinnen bei Schluderbach in Tirol. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 470.

Die Niederschläge aus dem Wasser oder der Luft bewahren in der Schichtung die Merkmale ihrer Entstehung. Sie liegen in massigen Bänken oder in dünnen Platten übereinander, bald durch gerade, bald durch gebogene und wellige Klüfte getrennt, und verwittern demgemäß auch in Blöcke, Platten und Treppen. Am verbreitetsten sind in dieser Form Kalksteine. Im Kohlenkalk, Muschelkalk und manchen jurassischen Kalken haben wir massige Bänke, die bei geneigter Lage firstförmige Grate, bei wagerechter Lage Stufen bilden. Korallenkalke sind ungleichartiger in Korn und Lagerung und verwittern demgemäß sehr ungleichförmig; vgl. oben, S. 338. Zu ihnen gehören manche Dolomite, d. h. Kalksteine, in denen ein Teil des Kalkes durch kohlensaure Magnesia ersetzt ist. Die Sandsteinformen werden wegen der Gleichartigkeit und Verwitterbarkeit des Materials immer viel Übereinstimmendes in den Profilen haben. Ihre Begrenzungslinien werden langgezogen verlaufen, besonders nach außen hin, ihre Hügel und Berge werden zum Flachrundlichen neigen.

Wo immer Dolomit auftritt, da sind auch massige Stufen von zackigen Felsgebilden gekrönt, sei es nun in großem Maßstab in den Alpen (s. die Abbildung, S. 469) oder in kleinem in einem Hügelland. Selbst der kleinen Landschaft Niederhessens verleiht der Hauptdolomit des Zechsteins stellenweise den Reiz der Dolomitklippen. Die Grauwacke ist ein kieseliger Kalkstein, der schwer verwittert und daher meist unfruchtbaren Boden bildet. Die Sandsteine sind oft noch regelmäßiger geschichtet als die Kalksteine. Wenn thonige Zwischenlager die Sandblöcke voneinander trennen und der Druck senkrechte Klüfte schafft, entsteht eine natürliche Quaderbildung, die sehr schön im Elbsandsteingebirge ausgebildet ist. Hier ist der Sandstein rein, besteht aus 96—98 Proz. Quarzsand, der Rest aus Thon und Eisenoxyd. Da er wenig Bindemittel hat, zerbröckelt er leicht in Sand und ist für Wasser durchlässig bis zur Porosität. Der rechtselbische Teil des Elbsandsteingebirges ist deshalb quellen- und brunnenarm. Die malerischen Formen der sächsisch-böhmischen Schweiz sind die Folge des leichten Zerfalles in der Richtung der Quaderklüfte und des Wassers, das bis zu den thonigen Plänerschichten ungehindert wie in einen Schwamm eindringt. Bei Adersbach und in dem sogenannten Göttergarten in Colorado sind Sandsteinpfeiler und Sandsteinsäulen durch die Herauswaschung der weichen Thonschichten entstanden (s. die Abbildung, S. 465, 522). Die Quaderzerklüftung geht oft so tief, daß z. B. beim Bau des Zelgenbergtunnels im schwäbischen Buntsandstein der Pulverdampf der Sprengungen 80 m hoch über dem Tunnelfirst aus der Erde zog. Buntsandstein ist zwar eine mächtige, aber sehr einförmige Ablagerung, die ungemein wenig Wechsel der Schichten, daher auch im Äußeren wenig Wechsel der großen massigen, langgestreckten Formen zeigt. Trotz fester, kieseliger oder grobkörniger Schichten, die oft nichts als zusammengebackene Gerölle sind, gehört der Buntsandstein zu den leicht und gleichmäßig zerstörbaren Gesteinen. In den oberen gips- und thonreichen Schichten, dem „Röth", gleicht er an Zersetzbarkeit dem Keuper. Wohl gibt es aber auch ungemein harte, quarzreiche Sandsteine; am Bruchberg im Harz bilden sie im oberen Sieberthal wahre zackige Bergspitzen, wenn auch in kleinem Maßstabe.

Die Schichten und Schichtengruppen stoßen in Flächen aneinander, die man als Grenzflächen bezeichnet. Nach der Lage dieser Grenzflächen bestimmt sich das Streichen und Fallen dieser Schichten. Unter Streichen versteht man die Richtung des Schnittes der Grenzfläche mit einer Horizontalebene. Liegen Schichten genau horizontal, so haben sie kein Streichen, denn die Grenzfläche läuft dann parallel mit der Horizontalebene. Solche Schichten nennt man horizontale oder schwebende Schichten. Man bezeichnet die Streichrichtung durch die Zahl der Grade, um die sie von der Nord-Südlinie der Magnetnadel abweicht; so bezeichnet N. 45 W. ein nordwestlich-südöstliches Streichen.

Wir haben gesehen, daß schon in der Entstehungsweise der Gesteine zwei große Formen der Lagerung gegeben sind: Schichtung durch Ablagerung und massiges Auftreten durch Empordringen. Gesteine, die aus dem Wasser niederfallen, legen in der ruhigen Tiefe ungestört Körnchen neben Körnchen, und so entstehen horizontale Ablagerungen. Änderungen in der Natur oder Ablagerungsweise dieser Niederschläge machen sich in denselben horizontalen Ebenen

geltend, so daß das Gestein, wenn es endlich als Fels im Trockenen liegt, aus übereinandergeschichteten fast horizontalen Platten besteht (s. die untenstehende Abbildung). Flußablagerungen sind nur auf kurze Strecken horizontal, wo ein Fluß von starker Stoßkraft sie bewegt; alle Delta-Ablagerungen sind dagegen flach geneigt, denn ein Delta ist im Grund nur ein flacher Schuttkegel. Stark schräge Ablagerung kommt bei vulkanischen Tuffen vor, die sich aus Aschenregen am Vulkankegel niederschlugen (s. die Abbildung, S. 472). Bei der Ablagerung aus der Luft kommt die Schichtung nur bis zu einem gewissen Grade zur Erscheinung, weil die bewegliche Luft kein so ungestörtes Übereinanderlagern gestattet wie die Tiefe des Wassers. Auch bei der Ablagerung aus Eis und Firn in den Moränen spielt die Schichtung keine Rolle. Die Schichtung ist eben nur eine



Steilabfall des Wüstensandsteins in der Hochebene von Medina, mit dem Felsendorf Romanne, Südalgerien. Nach de l'Harpe.

Form der Ablagerung. Wesentlich für die Ablagerung ist, daß das Gestein in kleinen oder großen Bruchstücken an die Stelle hingekommen ist, wo es sich jetzt befindet, sei es durch Wasser, Luft oder eigne Schwere. Nicht bloß auf dem Grunde eines Meeres, eines Sees, eines Thales geschehen Ablagerungen, sondern auch an den Seiten. Die Schwere führt wohl das flüssige Wasser bis auf den Grund, aber nicht die Gesteinstrümmer. Diese bewegen sich nur bis zu einem gewissen Punkt. Wo das Gefälle geringer wird, können Hindernisse von den fallenden Körpern nicht mehr überwunden werden, und da geschieht dann die Ablagerung in Haufen, Halden oder Wällen. Die Lagerungsweise des trockenen Schuttes ist nicht immer haldenartig, sondern auch seitlich abrinnend (vgl. die Abbildung, S. 480), wo der Boden zu einer Fortsetzung der Bewegung auf irgend einer Seite auffordert. Wo ein leichter beweglicher Stoff der Träger der sich abwärts bewegenden festen Körper war, ordnen sich diese in der Richtung der Erstreckung ihres Trägers und fallen dort nieder, wo dieser seine Tragkraft einbüßte. So zeigen die Dünen die Richtung und Verbreitung vorwaltender Winde, die Moränen die Richtung, Erstreckung und

das Ende eines Gletschers. Und wie ein Wasserstrom sich ausbreitet und spaltet, wo er bei Verminderung des Gefälles nicht mehr zusammenhalten kann, so entstehen auch deltaförmige Schutt- und Sandablagerungen, die schildartig gewölbt sind, bei abnehmender Fall- oder Stoßkraft.

In der massigen Lagerung sind keine Anzeichen von Schichtung. Das Gestein ist oben und unten dasselbe und stellt sich uns als ein Ganzes dar. Die nächste Ursache davon ist die Entstehung des Ganzen aus einer einzigen Grundmasse und unter Bedingungen, die in der ganzen Masse gleich sind. So entstehen die massigen Granite, Porphyre, Basalte beim Erkalten einer flüssigen Gesteinsmasse, in der schon der flüssige Zustand eine gewisse Einheitlichkeit



Schrägliegende Tuffschicht auf der Lipareninsel Vulcano. Nach Photographie von C. Du Bois-Reymond. Vgl. Text, S. 471.

bedingt hat. Entsprechend dieser Entstehung haben viele Massengesteine, die aus der heißen Tiefe aufgestiegen und durchgedrungen sind, eine gangförmige, stockförmige, deckenförmige Lagerung. Sie greifen über, indem sie über eine Oberfläche sich ergießen, oder schieben sich ein, wo sie eine Spalte im Gestein finden. Deswegen spricht man auch von durchgreifender, übergreifender und eindringender Lagerung. So entstehen Formen, die am reinsten erhalten sind bei den jüngeren vulkanischen Gesteinen: Quellkuppen, bald stärker gewölbt, bald schildförmig flach, letzteres bei ruhigem Ausfluß, Decken, Ströme, eingedrungene Kerne, die alle das Gemeinsame haben, daß man die Wurzeln, mit denen sie in die Tiefe reichen, und die Ausläufer, die sie in offene Spalten sandten, als Gänge nachweisen kann. Schwerflüssige Durchbruchsgesteine bleiben als Stöcke in der Tiefe stecken und treten erst zu Tage, wenn die darüber liegenden Massen weggewittert sind. Sind solche Gesteine sehr wasserreich, dann entstehen durch Explosionen des in der hervorquellenden Masse eingeschlossenen Dampfes Aufschüttungskegel,

ferner schollen-, block- und fladenreiche Lavaströme, Tuffe durch Verkittung der kleinen Auswurfskörperchen, Trasse, in denen solche Körnchen zerrieben und neuerdings zusammengebacken sind. So wie wir heute mit Lavaströmen Aschenauswürfe verbunden sehen, die Tuffe bilden, so finden wir schon in alten Erdschichten Grünsteinströme und Grünsteintuffe. Mußten solche Gesteine unter hohem Druck erstarren, dann konnten sie massig bleiben, traten sie zu Tage, dann konnten die Explosionskräfte frei walten; daher erscheint dasselbe Gestein je nach den Bedingungen seines Austrittes, besonders je nach seinen Tiefenstufen, in ganz



Schräge Schichtenstellung in der Sierra Famatina in Argentinien. Nach Photographie.

verschiedenen Strukturformen. Weil z. B. die Kristalle in der heißen Lava wieder eingeschmolzen oder doch angeschmolzen werden, sind sie weniger gut ausgebildet im Lavastrom als in den ausgeschleuderten Lavafladen (s. oben, S. 124 u. f.). Es ist wahrscheinlich, daß alle Granite unter hohem Druck in der Tiefe erstarrt sind und erst durch die Wegwitterung ihrer jüngeren Deckgesteine hervortreten konnten.

Wo ein bewegliches Gestein auf ein starres trifft, dringt seine Bewegung, von Wasser oder Dampf getragen, in das starre ein und ändert es von der Berührungsfläche aus um. So entstehen die Grenzerscheinungen der Salbänder, Kontakthöfe, Kontaktmetamorphosen. Thone werden in Berührung mit heißen Massen zu Ziegeln gebrannt, Sandsteine und Schiefer mit einer Glashaut überzogen, Braunkohlen in Anthracit verwandelt, Kalksteine zu Marmor kristallisiert. Man findet neben Granit, der in Kalkstein eingedrungen ist, nicht bloß diesen Kalkstein in körnigen Kalk verwandelt, sondern mit Kristallen von Glimmer, Granat, Hornblende durchsetzt, deren Bestandteile nur in Dampfform eingedrungen sein konnten. Solche Veränderungen sind oft streng zonenförmig, von der Berührungsfläche an

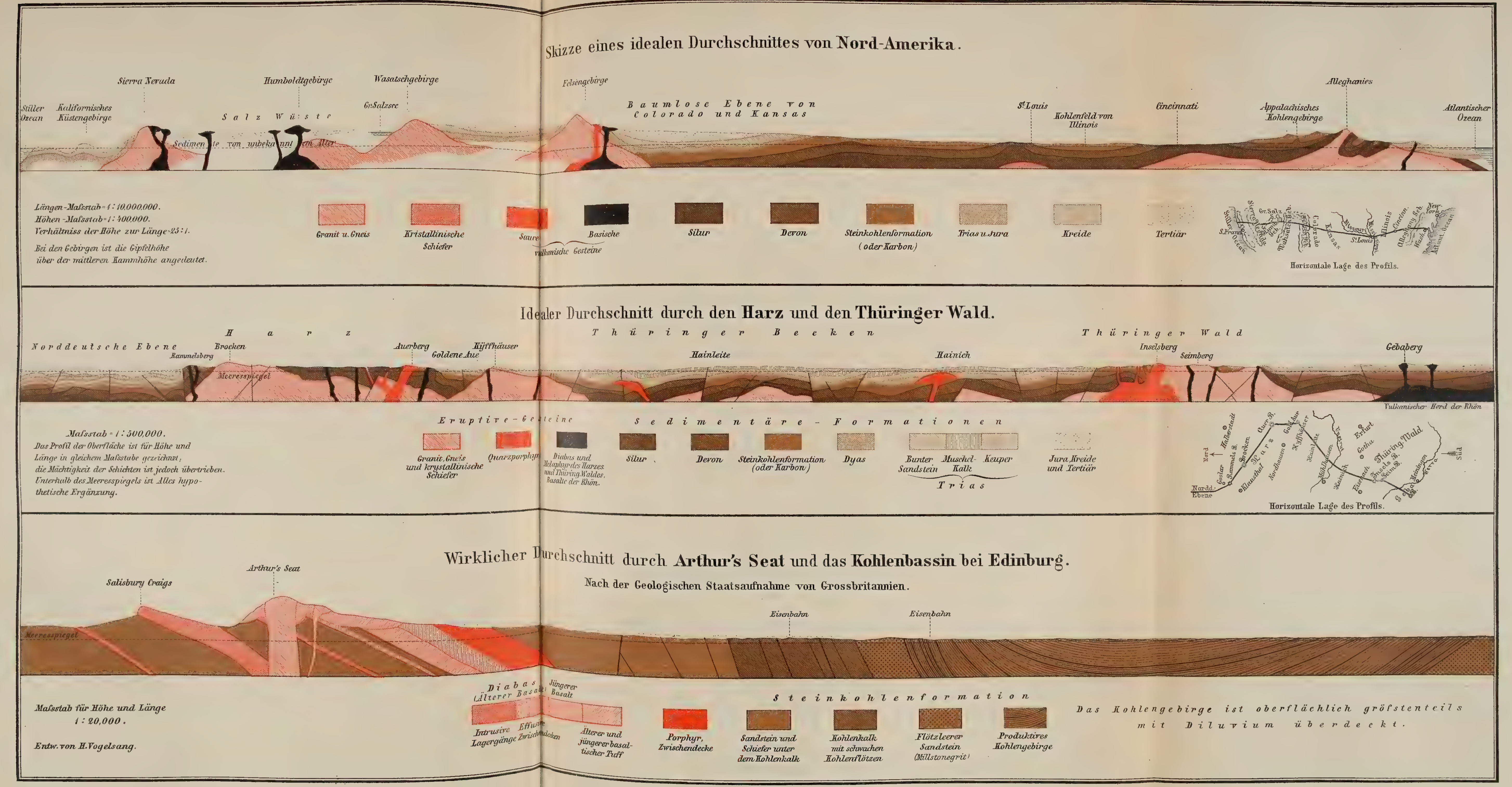
abnehmend angeordnet. Aus der Metamorphose der Schiefer an der Oberfläche schließt man auf Granit in der Tiefe, der durch langsame Wärmeabgabe verändernd wirken konnte. Angesichts flachlagernder Granitmassen des Erzgebirges, die weithin die überlagernden Gesteine in „Kontakthöfen" von großem Durchmesser beeinflußt haben, mag man sich aber daran erinnern, daß es noch viel riesigere „Kontakthöfe" geben wird, verursacht durch ungemein massige und entsprechend energisch wirkende Tiefengesteine. Unterliegt nicht die ganze Erdoberfläche den Kontaktwirkungen aus dem wärmeren Inneren? Man muß die ganze archäische Formation als das Erzeugnis chemischer und mechanischer Umwandlungen in kristallinische Formen betrachten.

Überblicken wir die Beziehungen der Gesteinslagerung zu den Oberflächenformen der Erde, so ergibt sich, daß die lockeren, geschichteten wesentlich in den Ebenen, die festen, gang- und stockförmigen in den Gebirgen erscheinen (s. die Skizze eines geologischen Durchschnittes durch Nordamerika auf der beigehefteten Tafel). Das ist eine wohlbegründete Ordnung nach dem Grade inneren Zusammenhanges. Lockere Gesteine haben das Bestreben, abzugleiten und sich in den Tiefen auszubreiten. Jede Schutthalde ist eigentlich auf dem Wege nach unten. Diese Bewegungen verleihen ganzen Landschaften einen eigentümlichen Zug: Runde, sanfte Gehänge, tief eingerissene Thäler mit geröllbedeckter breiter Sohle und einem schmutzigen, schlammigen Wasser sind charakteristische Kennzeichen der weichen, leicht beweglichen apenninischen Mergelschiefer und Thone, welche Schlammströme und Bergrutsche zu einer Geißel Italiens machen. Aber auch feste Gesteine, die Höhen einnehmen, werden mit der Zeit durch Wasser, Schnee, Eis und Wind hinab- und hinausgetragen. Wenn auch die Gebirge großenteils aus Gesteinen zusammengesetzt sind, die ursprünglich geschichtet waren, dann aber aufgerichtet, gefaltet und sogar übereinander geworfen worden sind, so haben doch gerade die Gebirge Risse und Klüfte, die in ihrer Entstehung liegen, und durch die andere Gesteine, plutonische und vulkanische, ihre Wege zum Tageslichte gefunden haben, die nun innen Gänge und außen Felsgipfel bilden. Daher die Häufigkeit emporstrebender Gänge und senkrecht hingestellter Stöcke massiger Gesteine (vgl. den Durchschnitt durch den Harz und den Thüringer Wald auf beigehefteter Tafel) in den Gebirgen, von denen die Schichtgesteine, die sie einst bekleideten, oft wie ein Mantel herabgesunken sind. Im Gegensatz dazu liegt die große Bildungsstätte geschichteter Gesteine, der Meeresboden, räumlich den Tiefländern am nächsten; in den letzteren sind daher junge geschichtete Gesteine weit verbreitet, die neu aus dem Meere hervorgestiegen sind.

Die geographische Verbreitung der Gesteine.

Nach ihrer geographischen Verbreitung sind die meisten Gesteine viel weniger verschieden, als man früher geglaubt hat. Granit, Lava, Sandstein, Kalkstein können an tropischen und polaren Fundplätzen identisch sein. Große Unterschiede treten aber natürlich überall dort auf, wo Gesteine vom Klima unmittelbar oder mittelbar abhängen. Große Firn- und Eisschichten findet man nur in den kalten Erdgegenden, und nur von ihnen konnten Moränen aufgehäuft werden. Wenn wir in der Wüste Kalktuff finden, wie bei der libyschen Oase Chargeh, ist es uns ein Beweis, daß die Wüste einst feuchter war. Korallenriffe gedeihen nur in warmen Meeren. Torf und Humus setzen ebenso Feuchtigkeit wie Flugsand Trockenheit voraus. So wie der Laterit den Tropen angehört, ist der Löß ein Erzeugnis der mittleren gemäßigten Zonen, und die terra rossa kommt in den Karrengebieten der sommertrockenen Gebiete vor. In der Verbreitung solcher Gesteine ist eine Neigung zu zonenförmiger Anordnung zu erkennen. Daß aber die Verbreitung auch derjenigen Gesteine, die vom Klima abhängig sind, nicht einfach nach der heutigen Lage der Klimazonen zu beurteilen ist, das lehrt das Vorkommen von Steinkohlen

GEOLOGISCHE FORMATIONEN.



Bibliographisches Institut in Leipzig.

jenseit des 80.° nördlicher Breite in Grinnell-Land, jenem gletscherreichen, eisumstarrten Polarlande, das dem nordwestlichen Grönland gegenüberliegt. Heute finden wir eine üppige Vegetation, die Steinkohlen bilden könnte, in Nordamerika nicht nördlich vom 60.° nördlicher Breite, unter 80° aber erzeugt die Vegetation von zehn Sommern nicht so viel Kohlenstoff, als eine Eskimofamilie zur Bereitung ihres ärmlichen täglichen Brotes braucht. Hier erscheinen uns also die Gesteine der Erde gleichsam als ein Spiegelbild klimatischer Veränderungen. Eine andere erdgeschichtliche Lehre spricht daraus, daß Kohlen- und Salzlager einander ausschließen: Kohlen brauchten Feuchtigkeit, Salz Trockenheit, um sich zu entwickeln.

Im 18. Jahrhundert wurde viel über die geographische Verbreitung der Mineralien philosophiert. Die Memoiren der Pariser Akademie von 1752 und 1753 enthalten tiefsinnige Betrachtungen Guettards über das Gesetz, daß in ähnlich liegenden Ländern auch ähnliche Mineralien gefunden würden. Von diesen Studien ist nichts übriggeblieben. Dagegen kennen wir heute andere gesteinsbildende Klimawirkungen, von denen die bedeutsamste der Einfluß des Klimas auf die Beschaffenheit der Gesteine ist, die aus Ansammlungen von Schnee und Firn überall dort entstehen, wo sich niedere Temperaturen der Bildung und Erhaltung der Schneedecke und der aus ihr hervorgehenden Eismassen, die man Gletscher nennt, günstig erweisen. In den arktischen und antarktischen Regionen gibt es Millionen von Quadratkilometern, wo von Stein oder Erde im engeren Sinne keine Spur zu sehen ist, wo zwischen den festen Boden und die Luft sich unmittelbar das zähflüssige Eis legt. Vom Klima abhängig, bewegen sich die Eisdecken, schreiten jahreszeitlich und in großen Zwischenräumen, zuletzt in geologischen Zeiträumen vor und zurück, „Eiszeiten" hervorrufend oder abschließend. Dabei werden sie immer Erdschutt tragen und forttragen und damit Länder bis zu 200 m überlagern, die 10—15 Breitengrade von den Stellen entfernt sind, wo das Muttergestein dieses Schuttes ansteht.

Der Erdboden.

Den größten Teil der Erde bedecken Trümmergesteine. A. Tillo hat nach der Berghausschen Bodenkarte berechnet, daß von dem Boden des bekannten festen Landes der Erde 25 Prozent Laterit, 18 Lehm, 21 Löß und verwandte äolische Bildungen, 8 Gletscherschutt, 7 Sand, 6 äolisch, d. h. vom Winde abgetragener, 5 glazial, d. h. vom Eise abgeschälter und geschliffener Boden seien. Die festen Gesteine liegen nur in wenigen Gebieten der Erde nackt zu Tage: in Felswüsten, auf subpolaren Inseln, in hohen Gebirgen. Als Reinhold Forster auf den öden Inseln des Südmeeres den nackten Boden sah, sagte er: „Die südlichen Spitzen Neuseelands nebst dem Feuerlande, Staatenlande, Südgeorgien und Sandwichlande sind noch in dem rohen Zustand, in dem sie aus dem ursprünglichen Chaos hervorgetreten sein mögen." Das ist unsere Auffassung nicht mehr. Der nackte Boden ist nicht der Urboden, sondern ihm ist nur die Hülle genommen, in die ihn die Zersetzung unaufhörlich zu kleiden strebt. Auch die nackten Inseln des Südmeeres haben einst eine Schutt- und Humusdecke besessen. Nur frisch geflossene Lava oder die frische Wunde eines Bergbruches zeigt das Felsgerippe der Erde in ursprünglicher Nacktheit. Wenn fast drei Fünftel von Norwegen Felsboden und nur 4,8 Prozent mit Thon, Sand und Kies bedeckt sind, daher auch nur 2,9 Prozent Äcker und Wiesen sind, so muß man an die Schuttmassen der Länder südlich und westlich von der Nordsee denken, die von hier stammen. Skandinavischer und finnischer Boden bedeckt heute Norddeutschland. Das diluviale Eis hat ihn weggetragen, und daher die Nacktheit des Landes, das zurückblieb.

Der Boden, der durch die Zerkleinerung, Verfrachtung und Ablagerung der Gesteine entsteht, und der außerdem noch Wasser, Salze und organische Stoffe enthält, ist die äußerste Hülle der Erde in fast allen Gegenden, wo wir Land auf der Erde zeichnen. Er ist ebendeshalb auch die eigentliche Grundlage des Lebens, und besonders ist er auch der Boden, woraus

der Mensch seine Nahrung gewinnt, und worauf er seine Hütten und Häuser baut, also ein für ihn in vielen Beziehungen äußerst wichtiges Gebilde. Diese Decke liegt dem Felsboden nicht immer fest an. Es liegt in ihrer Natur, daß fließendes Wasser, Eis oder der Wind die beweglichen Erzeugnisse der Zersetzung forttragen, und daß organisches Leben auf ihnen erst gedeiht, wenn sie endlich in tieferer Lage zur Ruhe gekommen sind. Es liegt ferner in der Wirkung der Schwere, daß die Zersetzungsstoffe von den Bergen in die Tiefe getragen werden; daher kahle Berghäupter über grünen Thälern. Inseln im weiten Meere, die von Stürmen umbraust sind, sind oft gerade so arm an Erde wie hohe Berge. In den Polargebieten gibt es viele solche. Der scharf beobachtende Reinhold Forster meint sie in dem Satze, den wir soeben anführten. John Roß erwähnt sie bei ca. 70° 30′ in der Boothia-Straße; er sagt von ihnen: „Sie zeigten den ödesten, zurückscheuchendsten Anblick, den wir je gehabt hatten", und Table Island an der Nordküste Spitzbergens wird von Parry als ein reines Felseneiland beschrieben. Wohl bedeckt sich jeder Felsboden oberflächlich mit Pflanzen, deren Keime durch Luft und Wasser ihren Weg finden; er bildet aber Pflanzenboden erst, wenn die Zersetzung fortgeschritten und die Felsnatur hinter einer dichten Schuttdecke ins Innere zurückgedrängt ist. Niedere Pflanzen, wie Algen und Flechten, wirken bei der Zersetzung selbst mit, indem sie sich dem Felsen so nahe anlegen, daß sie die bei ihrem Zerfall entstehende Kohlensäure aufs innigste mit dem Gestein in Berührung bringen. Aber am meisten kommt es darauf an, wie das Gestein beschaffen ist, und wie weit es sich zersetzt.

Für die Bodenbildung ist nun vor allem entscheidend der Unterschied zwischen Gesteinen, deren Zersetzungsdecke so eng mit dem Felsen verbunden bleibt, daß man kaum eine scharfe Grenze zwischen beiden angeben kann, und solchen, denen die Erddecke nur locker aufliegt. Das ist hauptsächlich der Unterschied zwischen zersetzlichen und löslichen Gesteinen. Vor allem haben feldspathaltige Gesteine die Neigung, einen thonig-sandigen, dichten, mit seiner Unterlage gleichsam verwachsenen Boden zu bilden, der die Wirkung des Wassers zerteilt. Kalkboden dagegen läßt vermöge seiner Löslichkeit einen solchen Zusammenhang nicht aufkommen. Seine kleinsten Teile reißt das Wasser fort, sowie sie sich bilden, und der Fels liegt massig unter seiner Decke. In diesem Unterschiede ruht der Gegensatz zwischen Kalk- und Schieferboden, die oft in den Karstgebieten nebeneinander vorkommen: dort eine Kalkwüste, hier wasserreiche, grüne Hügelländer. Der reine Kalk verwittert fast nie zu Sand oder Staub, immer tritt die Auflösung dazwischen. Daher gibt es auch selten eigentlichen Kalksand, wohl aber sehr weit verbreitet groben Kalkschutt. Wir vermögen von Kalk- und Dolomitgrund die Humusdecke wie ein Kleid abzuheben. Auch quarzreiche Gesteine, vor allem Quarzfels selbst, dann aber auch Kieselschiefer, Grauwacke und Quarzsandsteine, sind nur locker von Erde bedeckt. Die Grauwacke zeigt dabei auch die Mitwirkung einer anderen Eigenschaft, der Undurchlässigkeit. Die Eifel und die Ardennen sind so reich an nassem, unfruchtbarem Boden, weil auf dem schwer durchlässigen Grauwackenboden das Wasser zu Moor- und Raseneisensteinbildungen befähigt wird.

Es sind vielfach noch ganz dunkle Eigenschaften der Gesteine, die in folgenreicher Weise ihre Verwitterbarkeit bestimmen. Wie kommt es, daß die boiische Varietät des Gneises des Erzgebirges so schwer verwittert, daß er überall, wo er auftritt, rauhes, blockreiches, unfruchtbares Land schafft? Es kann nur eine leichte Abwandlung in der Zusammensetzung sein, welche die Kultur und Landschaft weiter Strecken unserer Mittelgebirge bestimmt. Es kommt also für die Kultur immer darauf an, ob und wie der Boden verwittert ist. Wir kennen alle die Beispiele harter Schiefer, Grauwacken, Basalte, Dolomite, die trotz ihres hohen Alters fast unverwittert sind und daher nur ärmlichen Pflanzenwuchs tragen.

Islands geringe Fruchtbarkeit, die den Ackerbau dort zu einem mühseligen, beschränkten Gartenbau in kleinen Beeten macht, hängt nicht bloß vom Klima, sondern auch von der durchaus vulkanischen Natur seines Bodens ab, den rasch zu zersetzen die Vegetation nicht stark genug ist, und der daher nur höchst wenig Humus besitzt. Und außerdem ist sie durch den nach Süden gerichteten Transport des Schuttes von dem in der Eiszeit gletscherbedeckten Boden weg beeinflußt. Den Schutt, den Nordamerika empfangen hat, haben Grönland, Island und andere arktische Länder verloren. Es ist derselbe große Unterschied wie in Europa zwischen der lückenlosen Schuttdecke des Kontinentes in 50—60° nördl. Breite und der Schuttarmut Skandinaviens und Finnlands.

Bodenbeschaffenheit und Klimazonen.

Die Bodenarten zeigen gerade an der Oberfläche eine entschiedene Abhängigkeit vom Klima und damit eine Annäherung an zonenförmige Ordnung. In den Tropen sind die härtesten Gesteine, besonders Granite und Gneise, ungemein tief, oft bis zu 100 m, zersetzt. Die warmen, an salpetriger Säure und Kohlensäure reichen Regen führen manche Salze, besonders Kalk, weg und machen dadurch den Boden arm. Kein Frost und keine Schneedecke gibt ihm Ruhe und Erholung, hüllt ihn ein. So entsteht der Lateritboden, der daher in allen tropischen Ländern häufig ist, und dessen Sterilität so manche Illusion von tropischem Reichtum zerstörte. Er ist in Indien so gut wie auf Madagaskar, in Afrika und im Inneren Südamerikas entwickelt. Er greift im südlichen Südamerika und selbst in Teilen des Mittelmeergebietes, wie Korsika, in die gemäßigte Zone über. An ihn reiht sich der Sand- und Lößboden der Wüsten und Steppen in den beiden Passatgebieten, der besonders in der Alten Welt einen breiten Gürtel vom Atlantischen bis zum Stillen Ozean bildet. Dem Boden des trockenen Klimas fehlt der bindende Thon, dagegen hat er, wegen des Mangels der Auslaugung, Überschuß an kohlensaurem Kalk und oft auch an anderen Salzen. Daher im trockenen Klima Staub und Sand, die unter Bewässerung eine ungeahnte Fruchtbarkeit entwickeln; der Boden der Mittelmeerländer, der vielfach sehr humusarm ist, gehört noch teilweise ihm an. Schutt, der sich in einem wasserarmen Klima nicht weit von seinem Entstehungsgebiet entfernt, bildet auch in der gemäßigten Zone, in Seen und Sümpfen, von Winden abgelagert, über Landflächen sich ausbreitend, die Kontinentalformationen. Sie überwächst in der kalten gemäßigten Zone der Humusboden, der Ausdruck eines feuchten, schneereichen, einen Teil des Jahres in Frost liegenden Bodens, an dessen Aufbau der Schutt alter und neuer Gletscher wesentlichen Anteil hat. Darüber hinaus folgt die rein klimatisch bedingte Eis- und Firndecke der arktischen und antarktischen Länder.

Jedes einzelne Land zeigt die Abstufungen der Steppen- und Wüstenbildung. Die südamerikanische Pampa wird nach Süden zu immer gelber und unfruchtbarer. Schon südlich vom Rio Negro besteht der Boden aus Lehm und Sand, der mit zahllosen Steinchen und Felsbrocken bestreut ist. Hartes Gras und Disteln stehen in Büscheln, zwischen denen der gelbe Boden durchschimmert. So ist die Pampa Patagoniens der schroffste Gegensatz zu dem, was man an den Ufern des Paraná Pampa nennt. Der Unterschied liegt wesentlich in der Oberfläche des Bodens und erinnert uns einigermaßen an Rußland, wo ebenfalls der Glazialschutt sich vom schwarzen, fruchtbaren Boden scharf abgrenzt. In Rußland wird dadurch nicht bloß eine Boden- und Kulturgrenze, sondern auch eine Baumgrenze geschaffen; die Föhrengrenze fällt dort ungefähr mit der Südgrenze der großen Gletscherausbreitung, welche auch die Lößgrenze ist, die der Fichte mit der Südgrenze der zweiten Eiszeit zusammen, und wo die Schwarze Erde erscheint, hört im allgemeinen auch der Wald auf und beginnt die Steppe. Wo wir heute Löß finden, ist einstige Steppenbildung wahrscheinlich. Laterit im Vogelsberg weist auf ein wärmeres Klima dieser Gegenden in der Tropenzeit hin. So kann die Natur des Bodens Beiträge liefern zur Erkenntnis des Klimas, unter dessen Einfluß er entstanden ist.

In der Wüstenlandschaft wird Form und Farbe durch das Gestein bestimmt. Es fehlt die Pflanzendecke, die im feuchten Klima den Boden bekleidet, und von den Höhen ist der Schuttmantel, der

in unseren Gebirgen auf den Schultern der Berge ruht, ins Thal hinabgesunken. Die Gesteine liegen so zu Tage, wie sie verwittern, und den Gesteinsschutt tragen die Winde in die tieferen Teile hinab und breiten ihn aus. Unter dem Einfluß des Windes entwickeln die Felsen seltsame Rinden. Den gelben Sandstein bedeckt eine glänzend braune Schale, und die Kiesel sind glatt abgeschliffen; „ihr eigentümlicher Fett- oder Firnisglanz spiegelt das Tageslicht in bläulichen Reflexen wider" (Johannes Walther). Die vermittelnden Formen des Schuttes, die Halden, Hügel, Dämme, fehlen. Horizontale oder leichtwellige Ebenen grenzen unmittelbar an die Gebirge, die schroff wie Inseln hervortauchen. Aber die Horizontalität kommt nur in den Ebenen vor. Die Thäler, die Terrassen, die Dämme, die in feuchtem Klima durch die eingrabende Thätigkeit des Wassers in den Höhen des Gebirges entstehen, fehlen den Wüstengebirgen. Salzbildungen in großer Ausdehnung werden hauptsächlich in kontinentalen Steppen- und Wüstengebieten entstehen, denn nur diese bieten große Auslaugungsgebiete und die zur Erhaltung des Salzes notwendige Regenarmut. So sind sicherlich auch die großen Steinsalzlager entstanden, welche die Tiefe der Erde birgt.

Die Schuttlagerung.

Wenn die Verwitterung rascher fortschreitet als die Auflösung und Wegführung oder bei einer „Überproduktion von Meißelspänen" (Albert Heim), entstehen Schuttlager, die den Felskern verhüllen. Entweder decken sie ihn vollständig zu, so daß die Berge wie riesige Blockanhäufungen aussehen, oder Fels und Schutt sondern sich in deutliche Gruppen, oder Fels und Schutt wechseln bunt miteinander ab. Das Fallen des Schuttes bedeutet auch immer ein Wandern des Schuttes nach außen; denn jeder Berg wirkt als Zerstreuungszentrum auf die Massen, die von ihm sich loslösen; daher liegt der Schutt unten und außen. Aber jeder einzelne Gebirgsteil beeinflußt auch durch seine Formen die Schuttlagerung. Ein stark zerklüftetes Gebirge bietet dem Schutt zahlreiche einzelne Ruhepunkte, ein Gebirge von großen Zügen weist auch dem Schutt große Ablagerungsstätten an.

Die Bodenart wirkt durch den Grad ihrer Zersetzungs- und Auflösungsfähigkeit auf den Transport. Versinkt das Wasser der Kalkalpen im spaltenreichen Hauptdolomit, so häuft sich der seines Bewegungsmittels verlustig gegangene Schutt an. Durchbrausen mächtige Hochfluten kurze Zeit des Jahres die Thäler, so reißen sie den Schutt hinab und füllen die Thalsohlen damit an (s. die Abbildung, S. 479). Daß darin dann der Fluß versinkt, zeigt uns in den Trockenthälern, den Wadis und den Fiumaren ebenso eine Folge des Schuttreichtums wie der Wasserarmut. Doch über alle diese Unterschiede weg trägt der Schutt den Keim seines Vergehens in sich. Er würde längst alle Gebirge umwachsen und alle Hügelländer zugedeckt haben, wenn er nicht selbst einen Schritt zur letzten und äußersten Zersetzung und Fortführung bedeutete. Der Schutt ist zerkleinertes Gestein; die Zerkleinerung aber ist die Darbietung des Gesteins an alle Kräfte der Zerstörung. Die Schuttbildung ist ja eine Entwickelung der Fläche des Gebirges und eine immer rascher fortschreitende Vergrößerung ihrer Berührung mit Luft und Wasser. Schutt entsteht durch Zerfall und beschleunigt Zerfall. Einmal zerkleinert und dadurch der Luft und dem Wasser zugänglicher geworden, zersetzt sich der Schutt immer weiter. Je älter der Schutt, desto kleiner sein Korn. Daher das häufige Bild eines jungen Steinstromes groben Gerölles, der in älteren, feineren Schutt mit steilen Ufern sich eingegraben hat. Das Ufer dieses Steinstromes ist begrünt, vielleicht schon bewaldet, denn der Gesteinsschutt ist nur tot, solange er durchlässig ist; sobald feineres Material seine Spalten ausfüllt und undurchsickerbar macht, beginnt auch die Bildung einer Erd- und Pflanzendecke.

Die Allgegenwart der Schuttanhäufungen gehört in den Bauplan jedes Gebirges. Der Schutt ist ebenso notwendig wie der Fels, aus dem er entsteht. Er zeigt uns, wie wenig der Berg nur ein toter, starrer Körper ist. Der Trümmermantel bezeichnet eine Stufe in der

Entwickelungsgeschichte des Gebirges. Daher Schutt nicht bloß auf den Halden und in den Thälern, sondern in allen Rinnen und Klüften und auf allen Stufen. Jenseits der Grenze der geschlossenen Pflanzendecke entsendet jede vortretende Felsenrippe einen Strom von Steintrümmern, und jeder Felspfeiler erscheint als der Kern eines Kometenschwarmes, dessen Schweif von Gesteinsbrocken sich thalwärts ausbreitet. Daher auch im grauen Bilde der Kalkalpen die hellen Flecken und Streifen des neuen Schuttes auf allen Seiten und die grünen Anflüge älterer



Ein Strom von Quarzitblöcken am Taganai im südlichen Ural. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 478.

Schuttlager. Es ist die Herausbildung eines mannigfaltigeren Wesens aus der Einförmigkeit des massigen Gesteins. Die Schuttlager sind zusammen mit allen den Formen der Firnlagerung, die sich an sie anschließen, und mit dem Pflanzenleben, dem sie Boden bieten, eine Neuschöpfung mit dem Material des Berges. Und dieser Berg erhebt sich aus seinem Schuttmantel und schaut auf das Werk herab, das er vermöge seiner Erhebung über die gleichartige Höhe und Masse der Erde vollbringt. Eines Tages wird das Gebirge gestorben, unter Schutthügeln begraben sein; seine breiten, sanften Thäler ohne Terrassen, schon jetzt fast aufgefüllt, verkünden bereits das hohe Alter.

Die Formen des Schuttes sind in erster Linie abhängig von den Formen seiner Unterlage. Am Fuße der steilen Felswand ziehen Reihen von Schuttkegeln hin, die gleichsam die Richtung der Felswand wiederholen. Ihre Größe steht im Verhältnis zu der Höhe und Zersetzbarkeit

der Felswand. Von der Zersetzbarkeit der Felswand hängt es ab, ob die verschiedenen Schuttkegel einer Wand einen einzigen langgestreckten Schuttwall (s. die beigeheftete Tafel „Die Bocca di Brenta") bilden, dessen höchste Stelle an der Mündung des tiefsten Risses liegt und in den Kalkalpen in der Regel den größten Firnfleck trägt, oder ob die Schuttkegel einzeln nebeneinander liegen. So bildet sich ein Schuttwall gleichlaufend einem Höhenzug (s. die untenstehende Abbildung). Ein Felsvorsprung sendet sein Trümmergestein als Schutthalde in derselben Richtung, in der er selbst vortritt. Ein Terrassenabfall des Bodens bietet auf jeder Stufe dem Schutt eine Unterlage, und es bauen sich Schuttstufen übereinander auf. Über die Ausfüllungen von ganzen Thälern mit Schutt s. unten, S. 566.



Eine Flankenhalde im Riegelkahr, Karwendelgebirge. Nach Photographie von Hermann Bargmann.

Die eigenen Formen des Schuttes sind die eines schwerflüssigen Körpers, in dem einzelne Teile durch Größe und Gestalt verschiedene Grade von Geschwindigkeit haben. Der Schutt strebt nach unten und vorn. Sind seine Blöcke einzeln abgestürzt, so breiten sie sich über eine je nach der Größe der Blöcke weite oder engbegrenzte Fläche aus, die, wenn sie eben ist, ziemlich gleichmäßig überstreut wird. Blocküberstreute Thalsohlen und sanft geneigte Hänge sind in der Nähe steiler Felsabstürze überall häufig. Der kleinere Schutt fällt nicht so weit wie die größeren Blöcke, er bleibt also in der Nähe der Thalhänge liegen, soweit nicht Wind und Wasser die leichte Beweglichkeit der kleinsten Teilchen ausnützen. Es ist nicht ohne Bedeutung für das Bestehen der Schutthalden, daß die großen Felsblöcke sich an ihrem Fuße wie ein Schutz gegen Unterwaschung ausbreiten. In den seltenen Fällen, wo eine Felswand überhängt, sammelt sich der Schutt zu freistehenden Kegeln und Schuttwällen, die den Fortschritt



Die Bocca di Brenta in Tirol.
Nach einer Photographie von Vittorio Sella.

der Zertrümmerung in der Frische neu abgebrochener Bruchstücke erkennen lassen. Von den überhängenden, angebrochenen Felsen tropft beständig Quellwasser herab, und die durchfeuchteten Bruchstücke überziehen sich mit einer Hülle von dunkeln Kalkalgen, die scheinbar schützt, unter deren Einfluß aber die Zersetzung nur immer weiter fortschreitet. Eine besondere Art von Schuttlagerung zeigen auch die Erd- und Blockbrücken, die besonders nach Lawinenstürzen eine ganze Thalrinne überbrücken; der Bach wühlt und windet sich nur noch unter den Blöcken durch. Als puentes de tierra (Erdbrücken) werden große Bildungen dieser Art aus dem Hochlande von Bogotá beschrieben.



Eine Muhre im Samerthal, Karwendelgebirge. Nach Photographie von Hermann Bargmann. Vgl. Text, S. 482.

Die Schutthalden zeichnen auf ihrer Oberfläche die Bewegungen ab, von denen sie so lange immer wieder ergriffen werden, als sie nicht durch eine in alle ihre Spalten sich einwurzelnde Pflanzendecke festgehalten werden. In ihrer Längsrichtung weisen sie zwischen seichten Furchen Aufwölbungen verschiedenen Kornes und verschiedener Farbe auf, welche Spiegelbilder des hier ruhigeren und dort bewegteren Zustandes ihrer Oberfläche sind. Insofern könnten sie mit den Wellen und Schaumstreifen zwischen den ruhigeren Stellen eines ungleich bewegten Wassers verglichen werden. Einige sind grobkörnig, flacher und grau, andere feinkörnig, gerundeter und gelblich. Jene greifen stellenweise auf diese über und bekunden dadurch, daß sie jüngerer Bildung sind. Nicht selten sind Inseln älterer Aufschüttung, die flach, schildförmig hervorragen, von diesen Strömen grauen Gesteines umflossen. Auf sehr regelmäßigen Schuttkegeln bilden die durch abrollende Steine vertieften Rinnen ein System von Linien, dessen Ausstrahlungspunkt in der Spitze des Schuttkegels liegt. Die Schuttreste des langsam absatzweise zurückweichenden Schnees sind in rechtwinklig dazu verlaufenden Linien abgesetzt, die sich manchmal verzweigen. Wenn Pflanzenwuchs in den ersten Spuren sich hervorwagt, so geschieht es auf den älteren, von herausgewittertem Thon bereits gelblichen Stellen. Wohl ist an ihrer Bildung auch der Schnee nicht ganz unbeteiligt, der als Staubträger und Zersetzer bodenbildend besonders auch auf den Schutthalden wirkt. Darauf deutet auch das Ausgehen der gelben, feinkörnigen Streifen von den Rissen oder Spalten der Felsgrate hin. Jedenfalls können dieselben sich aber nur dort entwickeln, wo die Schuttzufuhr aufgehört hat oder mindestens so gering geworden ist, daß die Befestigung und Neubodenbildung nicht wesentlich mehr gestört werden kann.

Mit dem Wachstum der Schutthalden wechseln die Stellen schwächerer und stärkerer Schuttzufuhr, sie wachsen z. B. gegen ein Joch so hoch hinauf, daß über ihnen fast kein Felsgrat übrigbleibt, welcher Schutt liefert, und dann tritt für diese Stelle die Ruhezeit ein, die sich in dem allmählichen Herab- und Herüberwachsen der Vegetation aus dem Schutze der Felsumrandung auf diese ruhigeren Teile des Schuttstromes bekundet.

Der Neigungswinkel der Schuttkegel und Schutthalden wächst mit der Blockgröße und wird auch bestimmt durch die Form der Blöcke. Scharfkantigkeit steigert die Steilheit. Eine Schuttansammlung ist aber nie fertig; auch wenn sie nicht durch neue Zufuhr wächst, wird ihre Böschung durch Wasser, Luft und Selbstzersetzung des Schuttes verändert, d. h. in der Regel vermindert. Doch kann auch das mit der inneren Zersetzung einhergehende Zusammensinken und das Sichsetzen der Teile das Ganze befestigen und die Neigung des Gehänges festlegen. Kleinere Schutthalden sind oft so steil, daß sie wie gefrorene Wasserfälle aussehen (s. die Abbildung, S. 481). Mit dem Fortschreiten der Größe nimmt das Gefälle der Schutthalden ab. Schwemmkegel, die häufig von Wasser überströmt werden, haben gewöhnlich 5—10, selten bis 16° Neigung. Den größten Neigungswinkel maß Bargmann in einem Teile des Karwendelgebirges mit 46°, den kleinsten mit 15°. Als Mittel fand er bei 70 Einzelmessungen 28°. Gewöhnlich werden nach Heim 30° angegeben, der als Maximum, zu gering, 40° ansetzt. Der Böschungswinkel nimmt in jeder Schutthalde von oben nach unten ab. Bargmann fand als Mittel aus sieben Messungen:

Obere Halde	Mittlere Halde	Untere Halde
32°	24°	15°

Daraus entsteht die jedem Schuttwanderer wohlbekannte schöne Kurve (vgl. die Tafel „Die Bocca di Brenta" bei S. 480), die an Vulkanprofile (vgl. S. 140 und die Abbildung des Fudschi Yama ebenda) erinnert.

Nach Beobachtungen, die Professor Salomon so freundlich war, für mich anzustellen, kommen mächtige Schutthalden großer und kleiner Quarzitschiefertrümmer im Adamellogebiet vor. Einige Halden sind 250 m hoch und umschließen Blöcke von 1 cbm und darüber. Die größten Blöcke liegen auch hier unten. Der Neigungswinkel beträgt über 30°, in einigen Fällen 37°, und flacht sich nach der Basis zu so weit ab, daß auch hier ein konkaves Profil entsteht. Bei Tonalitschuttkegeln, an deren Bildung Wasser mitgewirkt hat, ist eine viel stärkere Abflachung zu beobachten. Die Neigungswinkel nehmen von 20° oben auf 12° in der Mitte und 6° unten ab.

Die Schuttbewegung.

Schutt kommt von schütten. Wir sagen schütten in der Regel nur von Flüssigkeiten oder von sand- und staubartigen Stoffen, die sich auf äußeren Anstoß hin wie Flüssigkeiten bewegen. Aber auch der Schutt ist von Natur beweglich. Seine Bewegung beginnt mit seiner Entstehung, und diese ist die Folge der Auflösung eines Gesteinszusammenhanges. Er ist beweglich an sich, und seine Beweglichkeit wird noch gesteigert durch die Leichtigkeit, mit welcher Schutt den Bewegungsanstößen des Wassers und der Luft folgt. Die Stoffe, die den Schutt bilden, sind nun vorwiegend Gesteinsfragmente von zwei- bis dreimal größerem Gewicht als Wasser, außerdem kommen Erde und Sand, die ebenfalls schwerer sind, und Holz, das etwas leichter ist als Wasser, in Betracht. Alle diese Körper sind starr, vermögen also Bewegungen aneinander und über den Grund hin nur unter starker Reibung zu vollführen. Ein Anschließen an die Form des Untergrundes ist gar nicht möglich, sondern es entstehen im Gegenteil Konflikte zwischen diesem und der sich bewegenden Masse. Der Untergrund wird aufgerissen und unter Umständen mitgerissen, wobei auch hier ähnlich wie bei der Thalbildung das letzte Ziel eine Rinne ist, in der fernere Bewegungen sich unter geringerem Widerstand vollziehen können. Schutt, der unter

dem Einfluß des Druckes und durchsickernder Feuchtigkeit über eine Steinplatte gleitet, kann auch Schrammen wie ein Gletscher eingraben.

Auch die Bewegung fester Körper über eine feste Grundlage hin ist von der Neigung (Gefälle) der Grundlage abhängig. Nur verläßt der feste Körper viel früher als der flüssige bei steigendem Gefälle die Unterlage, um sprungweise abzustürzen. Und wenn eine größere Vereinigung fester Körper als Schuttstrom sich in Bewegung setzt, verliert dieselbe viel früher schon bei zunehmendem Gefälle den Zusammenhang; dieser Strom zerreißt und poltert stückweise ins Thal hinab. Dabei bewirkt der viel größere Betrag an lebendiger Kraft, mit der die Stücke fallen, daß sie weit über den tiefsten Punkt, bis wohin die Schwerkraft allein sie geführt haben würde, hinausgetragen werden. Hierauf beruht das für Bergstürze so bezeichnende Aufwallen oder Aufbranden eines Schuttstroms an der dem Fallgehänge entgegengesetzten Seite eines Thales.

Bei der Bewegung von Schutt, Sand, Schnee und anderen Trümmermassen äußert sich das große Maß von innerer Reibung darin, daß der einzelne Stein, im Vorwärtsbewegen zwischen den ebenfalls zur Tiefe eilenden Nachbarn hin und her geschleudert, eine Zickzacklinie beschreibt. Nur die am Rande befindlichen Steine fliegen hinaus, die große Mehrzahl bleibt nahe beisammen, und gerade dies verstärkt den Stromcharakter. Die Reibung der Schuttteile aneinander verkleinert sie, erzeugt Sand und Staub. Sobald das Gefälle abnimmt, überwiegt die innere Reibung der Teile die Bewegung des Ganzen, und nun vergrößert sich die Randzone der seitlich ausfliegenden Massen, es machen sich die Unebenheiten des Bodens geltend und es entsteht die deltaartige Ausbreitung. Im Schuttdelta (vgl. die Abbildung auf S. 481) ist die Verzweigung der Schuttströme eigentümlich. Die Ähnlichkeit mit der Verzweigung eines Flußsystems ist vorhanden, aber durch die ganz andere Beschaffenheit des Materials beschränkt. Die Zweige sind im Verhältnis zu dem starken Stamme kurz. Wir haben gesehen, wie den älteren Schutt eines Schuttdeltas, der kleiner, zersetzter, nachgiebiger ist, jüngere Schuttströme durchsetzen, die am gröberen und ungleicheren Material kenntlich sind.

In der Verlagerung der Gesteine an der Erdoberfläche spielt das bewegliche Leben die Rolle eines Trägers und Bewegers in allen Abstufungen, von kaum beachteten Vorgängen an bis zu den großen, dauerhaften Aufhäufungen ausgeschiedener Kalksalze in den Korallenriffen und Muschelbänken. Nicht bloß die Ameisen tragen Sand und Steinchen zusammen. Auer- und Schneehühner und ähnliche Waldvögel haben eine Vorliebe für Quarzsteinchen, die sie bis zu 1 cm Durchmesser in den Magen aufnehmen; Kerner hat bis zu 20 in einem einzigen Auerhahnmagen gefunden. In dem Kropfe körnerfressender Vögel und der Tauchervögel findet man auch größere Steine. M'Cormick hat auf der Roßschen Südpolar-Expedition eine ganze Sammlung von Felsarten aus den Kröpfen und Magen der antarktischen Wasservögel zusammengestellt. Nicht zu unterschätzen ist auch die Erde, welche Tiere an ihren Körpern forttragen, besonders die, welche sich im Schlamm wälzen. Im Meer treibende Bäume tragen Erde und Steine von Insel zu Insel. Chamisso gibt an, daß die Radaker, um Schleifsteine zu erhalten, die Wurzeln der angetriebenen Bäume durchsuchen.

Wie es Wasserscheiden gibt, so gibt es auch Schuttscheiden. Da Schutt träger fließt als Wasser, sind auch die Schuttscheiden breiter und unbestimmter. Ganze Kämme und Gipfel der Gebirge sind in Schutt gehüllt. In einem schuttreichen Gebirge wie dem Karwendel sind alle Jöcher Wasser- und Schuttscheiden, aber zugleich findet der Schutt, der von den das Joch überragenden Höhen herabrollt, auf den Jöchern Ruhepunkte, die er langsam höher baut.

Der Schutt und die Pflanzendecke.

Schutt ist zeitlich der Übergang vom Zusammenhange des Gebirges zur Auflösung. Mechanisch und zugleich räumlich tritt Schutt zwischen das Feste des Gebirgsgerüstes und das

Flüssige der Wasserhülle als ein vermittelndes Glied ein, das nach beiden Seiten hin innige Verbindungen hat. Gleichzeitig bildet Schutt auch die Grundlage des organischen Lebens, welches eng mit ihm verbunden ist; denn im Schutt wird das Unorganische für die Wurzeln der Pflanzen und die Wühlarbeit der Tiere zerkleinert und zum Teil schon aufgelöst und in die organischen Gewebe übergeführt. Das Wasser und das Leben zeigen dabei eine Art von Verwandtschaft oder Kameradschaft. Wo Feuchtigkeit von dem Firnfleck, der die Schutthalde krönt, auf die Schutthalde übertritt, erscheint derselbe grüne Schimmer, den wir am Fuße der Schutthalde wahrnehmen, wo die dunklere Farbe die angesammelte Feuchtigkeit anzeigt. Der frischere, lockere Schutt, den das Wasser rasch durchrieselt, ist lebensfeindlich. Der Berg schüttet ihn dem Leben entgegen, das bergaufwärts brandet. Nur wenn diese Kraftäußerung des Berges in Stillstand geraten ist, rückt der Wald, das Erzeugnis einer langsamen Bewegung, bis an den Fuß des Berges heran.

Der Waxenstein im Wettersteingebirge, ein auf verschiedenen Seiten sehr schuttreicher Berg, läßt den Ahornwald an seinem Nordabhang im Höllenthal so nahe herantreten auf einer alten, schön begrasten Halde von 5° Neigung, daß die Bäume auf der Grenze des den Felsen anmutig umsäumenden Rasens hervorzusprossen scheinen. Der rasche Übergang aus dem freundlichen Walde goldgrün bemooster Stämme zu dem fast lotrecht aufstrebenden Fels schafft ein ungemein eindrucksvolles Bild, dessen tieferer Sinn eben der Ausdruck der Ruhe des Berges gegenüber dem hinaufdrängenden Pflanzenleben ist.

Die Schuttbewegung spricht sich deutlich in der Auflösung steilerer Grasnarben in Stufen von Spannen- und Handbreite und in dem Auseinanderrücken derselben am Rande von Abstürzen oder Erdrissen aus. Steht nun auch augenblicklich die Bewegung, so liegt doch in dem Bilde des Auseinandergezogenseins des einst zusammenhängenden Rasens immer der Ausdruck des Inbewegunggeratenseins. Risse in der Rasennarbe geben die erste Andeutung von einer beginnenden Bewegung. Man sieht solche Risse an steilen Abhängen halbkreis- oder kreisförmig auftreten. Aber auch geradlinige Risse, kleine Verwerfungen bildend, verfolgt man längs steiler, begraster Grate: alles erste Anzeichen von Bewegungen im Boden, auf welche hin die Grasnarbe zerreißt. Von Klippen und Schutthalden aus sieht man Risse zur Tiefe ziehen, welche die Bahnen abrollender Steine bezeichnen, in die dann später Regen- und Schmelzbäche sich ergießen. Solche Risse oder Rinnen, die im Anfange noch nicht ganz vegetationslos sind, werden mit der Zeit immer nackter und tiefer. Dienen sie vorwiegend trockenem Schutte zur Bahn, so verlaufen sie geradlinig bis zum Schuttdelta, hat dagegen das Wasser bereits einen größeren Anteil an ihrer Bildung genommen, so schlängeln sie sich im unteren Teil.

Das Schuttkahr.

Die Spitzen, die Grate, die Wände des Gebirges lassen ihren Schutt in die Vertiefungen fallen, aus denen Bäche, Lawinen, Gletscher ihn weiter thalwärts befördern. Die größte dieser Vertiefungen ist im höheren Teil eines Gebirges immer der Thalhintergrund. In diesen wird von allen Seiten der Schutt zusammengeschüttet. Er bildet hier zuerst einzelne Kegel, deren Neigung sich bis zu 45° steigert, die immer weiter vorrücken, bis sie von allen Seiten des Thales zusammenstoßen und sich eine einzige große Schuttdecke viel geringeren Gefälles im Thalhintergrunde ausbreitet. Kein Bach, keine Quelle findet man auf diesem porösen Boden. Kein Baum faßt auf dem Schutt Wurzel. Nur auf den Felsenrippen sieht man die Legföhrenbüsche, mit denen die hervortretenden Felspartien regelmäßig besetzt sind. Dem Dunkelgrün der Legföhren steht das Weißgrau des Schuttes und das Hellaschgrau oder Ockergelb der Felsen wirkungsvoll gegenüber. Nur wo ganz alter, zersetzter Schutt liegt, stellt sich ein Wachstum zerstreuter fahler Grasbüschel ein. In einem solchen Schutt-Thale herrscht eine Einfachheit, deren Größe mit dem Eindrucke der Berggipfel wetteifert.

In geringerem Maße, als man glauben möchte, ist der direkte Abbruch und Absturz der Felswände an der Bildung der großen Schutthalden in den Kahren thätig. Die großen Trümmer finden sich in der Regel nur in einem beschränkten Teile eines Kahrs und liegen auch stets nahe beim Rande. In kleineren Kahren bilden diese Bergbruchtrümmer, die durch ihre Schwere den größten Zerstreuungskreis haben, durchgehends eine Zone nach dem äußeren Rande, von der sich das Format der Trümmer nach innen zu abstuft. Aber es gibt auch Kahre, in denen äußerst wenige große Trümmer liegen, so daß der feinere Schutt unbedingt vorherrscht. Man erkennt dies sehr oft schon an der Verbreitung der Vegetation, die sich da, wo keine weitere Zufuhr groben Schuttes erfolgt, getrost die Schutthalden hinaufzieht, so daß gegen die Rückwand zu endlich nur noch ein schmaler Streifen kahlen, aber feineren Schuttes übrigbleibt, den die Firnflecke an seinem oberen Ende zwischen Schutt und Felswand mehren, sichten und vegetationslos erhalten.

Den weitaus größten Teil der Schuttausfüllung der Kahre liefern in den Kalkalpen die kleineren Trümmer, die selten größere Blöcke umschließen. Vielmehr ist in ihnen manchmal der Thon, Lehm und Sand stark vertreten, den die langsame Zersetzung des gröberen Schuttes liefert. Um den Gang dieser Zersetzung zu verstehen, erinnere man sich an die unzähligen Herde, die ihr an und in den Wänden jedes Schuttkahrs bereitet sind. Was Frost und Hitze zersprengt haben, bleibt auf Stufen und Absätzen, in Rinnen und Gruben liegen, wo es mit Wasser und Firn in Berührung kommt. Gründlich durchfeuchtet, zum Teil auch schon mit Vegetationsresten durchsetzt, wird dieser Schutt durch Lawinen und Schmelzwässer herabgeführt.

Die Thalhintergründe sind zwar die Orte, wo der Gebirgsschutt am massenhaftesten auftritt, aber das ist nicht sein Ursprungsgebiet; er ist hier nicht, so würde der Geolog sagen, auf primärer Lagerstätte, sondern er ist vielfach durchgearbeitet, verkleinert, gesichtet, zersetzt, ehe er hierher kommt. Er hat vielleicht mehrere Stationen gemacht, ehe er vom Grate bis hierher seinen Weg zurücklegte. Je weiter er wandert, desto mehr wird er zerkleinert, desto mehr von seiner Masse entzieht ihm das Regen- und Schneewasser. Mit jedem neuen Sturze über eine Stufe weg zersplittert er mehr. Daher endlich im Thalhintergrund, wo er anlangt, die Kleinheit und Gleichmäßigkeit des Gesteinstümmerwerkes. Daher auch die immer wiederkehrende Regelmäßigkeit in der Ausbildungsweise der Schutthalden.

Man darf die die Kahre umgürtenden Felsmauern nicht als starre, kahle Wände auffassen. Wer sie bei neuem Schnee gesehen hat, der weiß, daß sie aus zahllosen großen und kleinen Stufen sich aufbauen. Grüne Anflüge verkünden im Sommer, wie viele Ruhepunkte Schutt und Erde auf denselben finden. Oberhalb 1800—2000 m beherbergt jede von diesen Stufen ein größeres oder kleineres Firnlager. Das sind die Stufen, auf denen der Schutt zersetzt und zerkleinert, die Bildung der Erde vorbereitet wird, welche dort unten die Vegetation trägt. Gewiß spielt gerade der Firn in diesem Geschäft eine große Rolle. Ein in Firn gebetteter Kalksteinblock wird lange einer andauernden Durchfeuchtung ausgesetzt. Er wird gleichsam maceriert. Schmilzt er heraus, so bemächtigen sich seiner Frost und Hitze, die ihn mit Sprüngen durchsetzen. Eine Bewegung des Firnes läßt ihn auf eine nächsttiefere Stufe stürzen, wo er, bereits aufgelockert, zerschellt und ein neuer Firnfleck sich seiner annimmt. Oder ist er tiefer gestürzt, umspült ihn die kalte Quelle, die in jenem höheren Firnfleck entspringt. Endlich nimmt ihn eine Lawine mit vielen anderen ins Thal hinab.

Alter Schutt. Nagelfluh und verwandte Gesteine.

Den lockeren Schutt von heute, der unter unseren Augen entsteht und sich bewegt, unterlagert oft ein anderer Schutt, dessen Rollsteine durch einen Kitt, der oft gar nicht sichtbar ist, meist Kalksinter, zu einem Gestein verbunden sind, das man Puddingstein, Nagelfluh, Konglomerat nennt. Der Schutt von heute geht oft unmerklich in den von gestern über. Die unteren Lagen sind bereits zu Konglomeraten verkittet, die oberen liegen noch locker aufgeschüttet, und die obersten sind nicht einmal gerundet, sondern warten erst der Abschleifung durch Wassertransport. Solche Abstufungen finden wir ungemein oft in den Geröllablagerungen aus der Eiszeit, sie werden uns aber auch von den Porphyrgeröllen des portugiesischen Hochlandes beschrieben. Was heute als Konglomerat mächtige, massige Bänke bildet, muß durch gewaltige

Ströme über das Land gebreitet worden sein, durch die Urahnen der Flüsse, die heute ihr Geröll darüber ausschütten; und nicht selten erkennt man noch die Richtung dieser Ströme und sogar die Gabelungen und Enddreiecke (Deltas) ihrer alten Ausbreitung. · Große Geröllager wie die Nagelfluh sind nicht Seenablagerungen, denn in Seen werden Gerölle nur in schmalen Uferzonen abgelagert. Feinere Stoffe wurden abgelagert, wo Flüsse ruhig flossen, besonders in Altwässern, und die gröbsten Gerölle bezeichnen die Annäherung an den Ursprung und überhaupt die gesteigerte Bewegungskraft des Wassers. So hat die Nagelfluh auf der schwäbisch-bayrischen Hochebene einst eine viel größere schräge Ebene am Nordabhange der Alpen als die heutige schwäbisch-bayrische Hochebene überschüttet, wobei sie aber demselben Falle folgte wie heute. Der Umstand, daß dieses Gestein an seiner Oberfläche häufig durch die alten Gletscher geschrammt ist, zeigt klar, daß es fertig war, als die eiszeitlichen Gletscher aus den Alpen bis in die Gegend von München und Augsburg vordrangen. Knochenfunde in der Nagelfluh stellen übrigens ihr diluviales Alter außer Zweifel. Darunter liegt der dichte gelbe Mergel, den man in Oberbayern Flins nennt, ein wegen seiner Wasserdichtigkeit wichtiger Quellhorizont. (Vgl. das Kapitel „Quellen" im 2. Band.) In den Flüssen und hoch über ihnen an den Thalwänden der Gebirge liegt alter Schutt in Gestalt von Thalterrassen aus Trümmern und Geröllen: Zeugen der beständigen Abtragung und Verkleinerung der Gebirge, Zeugen zugleich eines höheren Standes des Wassers, der zum Teil offenbar durch Senkung des Gebirges verursacht war. Manche reichen in die Eiszeit zurück.

Am Nord- wie am Südrande des Harzes bilden sie mächtige Lager, die sich als Schuttdeltas zwischen den niedrigen Vorhügeln des Gebirges ausbreiten. Auf dem Lustberg bei Wernigerode liegen 21 m über dem 2 km breiten Thal alte Gerölle. Sie scheinen einst das Thal ausgefüllt zu haben, aus dem sie bis auf Reste wieder weggeschafft wurden. Am Südabhang des Harzes findet man sie bei Sachsa und Walkenried bis zu 60, im Thyrathal bei Uftringen bis zu 100 m über dem Thal. Wenn im Frühling vom blauen Gardasee aus unser Blick an den steilen Ufern hinaufschweift, wird er an wagerechten grünen Streifen haften bleiben, die sich deutlich vom Grau der Felsen abheben wie grüne Strandlinien; es sind Moränen eines mindestens 1000 m mächtigen Gletschers und Schutt eines präglazialen Flusses, der ein älteres Becken des Gardasees durchfloß. Über Schutt-Terrassen als Stufen der Thalentwickelung s. im Abschnitt „Thäler".

Staub- und Sandniederschläge.

Die Erde setzt sich in Staubform in den Luftkreis fort. Staub ist überall eine gewöhnliche Beimischung der Luft, und man hat sich die Erde von einer Staubhülle umgeben vorzustellen, deren Dichtigkeit nach obenzu abnimmt. Der größte Teil dieses Staubes wird von den Winden an der Erdoberfläche aufgetrieben und emporgewirbelt; doch ist es nicht mehr zweifelhaft, daß unser Luftkreis auch von Staub durchfallen wird, dessen Ursprung im Weltraume liegt. (Vgl. oben, S. 75 u. 76.) Jener tellurische und dieser kosmische Staub können lange im Luftkreis schweben, bis sie auf dem Boden, im Meer, im arktischen Eis oder im Hochgebirgsfirn zur Ruhe gelangen; sie mögen oft niederfallen und von neuem emporgewirbelt werden. Doch erzeugen sich beide immer von neuem. Ablagerung und Neubildung von Staub sind an der Erde beständig im Gange.

Die farbigen Dämmerungen nach der Explosion des Krakatoa am 26. August 1883, zuerst in Honolulu als roter Sonnenring am 30. September 1883 beobachtet, haben am deutlichsten gezeigt, wie hoch Staub in der Atmosphäre steigen kann, und wie lange er darin verweilt. (Vgl. oben S. 72 u. 119.) Jeder Regen- und Schneefall bringt Staub herab, worin Kohle, kohlensaurer Kalk, Thon, Quarz, Eisenoxyd häufig sind. Tissandier hat folgende Staubmengen bei Schneefällen nachgewiesen.

Ernst Heyn

DIE ÖSTLICHE SAHARA.

	Auf dem Turm von Notre-Dame	Außerhalb Paris
	Gramm in 1 Liter Schneewasser	
Beim ersten Fall . .	0,118	0,104
Bei späterem Fall . .	0,056	0,048

In jede Art Staub greifen die Windwirkungen ein, deren eigenstes Gebilde daher die Formen sind, in denen Staub und Sand zur Ablagerung kommen. Der Wind bringt zunächst durch sein Wehen die durch Verwitterung gelockerten Sandkörnchen an den senkrechten Felswänden vollends zum Abfallen. Er fegt von den nackten Felsplatten die durch die Wirkung von Regen, Feuchtigkeit und Temperaturwechsel abgebröckelten Sandkörnchen fort und erschwert die Besiedelung und den Schutz der Gesteine durch Pflanzen. Er entwurzelt endlich hier und da einmal einen Baum, dessen flach ausgebreiteter Wurzelballen ganze Krusten und Schalen von Sand und mürbem Sandstein vom Felsengrunde mit losreißt und diesen, jeder Hülle bar, den Angriffen der Verwitterung ausliefert. Indem dann der Wind die feineren Ergebnisse der Zersetzung fortträgt, legt er die gröberen Bruchstücke und Gerölle bloß, die oft dicht aneinander gedrängt den Boden bedecken. Daher hinter den Sandwüsten die Steinwüsten, die unfruchtbarer, trockener, schwerer zu passieren sind als die Sandwüsten, aber zum Glück niemals deren weite Ausdehnung erreichen und nicht wandern. Wohl aber wandert die Sandwüste: in der Gobi nach Osten, in der Sahara nach Westen und Süden. In der Sahara liegen daher in der Windbahn hinter den großen Sanddünenwüsten (Erg) die Felsenwüsten (Hammada) und die Steinwüsten (Serir), deren Boden mit kleinen Kieselsteinen bedeckt ist. Außerdem kann noch die Lehm- oder Staubwüste alter Salzseebecken unterschieden werden. Duveyrier berechnete, daß in der algerischen Sahara die Steinwüsten sich zu den Sandwüsten wie 8:3 verhielten.

In den australischen Wüsten bedecken die gerundeten und wenig eckigen Bruchstücke des Wüstensandsteins, die mit einer dünnen Schicht Eisenoxyd überzogen und daher rötlich gefärbt sind, dicht den Boden. Von einer dieser Steinwüsten am unteren Barka sagt ein Hermannsburger Missionar: „Die einzige Abwechselung der unbeschreiblichen Langweile liegt in der Farbe der Steinchen, die den Boden so dicht bedecken, daß kein Grashälmchen hervorkommen kann. Diese Farbe ist rot, an manchen Stellen braun, an anderen schwarz.“ Ähnlich ist die Oberfläche der Puna von Bolivien mit kleinen, eckigen Steinchen dicht besäet, die Burmeister mit Topfscherben vergleicht.

Das erste Erzeugnis der mechanischen Zersetzung der Wüstengesteine in der Entwickelungsgeschichte der Wüste ist die Felswüste, in der haushohe Felsen nicht selten sind (s. die beigeheftete farbige Tafel „Die östliche Sahara“). Zerfallen die Blöcke weiter, so entsteht die Kieswüste, die entweder ausschließlich aus scharfen oder abgerundeten, oft dicht nebeneinander wie eingedrückt liegenden kleinen Steinen besteht, oder deren Lücken von Flugsand zugeweht sind. Endlich breitet sich der Sand aus, so daß nur noch die höheren Felsen und Berge hervorschauen, und wir haben die echte Sandwüste, in der man ganz vergißt, daß das Sandmeer wenigstens einen Boden hat, die „Falat“ der nordafrikanischen Wüstenbewohner, die man in der Sahara und in Australien am reinsten ausgebildet findet. Ihr gehören auch manche Teile der Atakama (s. die Abbildung, S. 488) und der 90 km breite Saum längs der Küste des Großnama- und südlichen Damaralandes in Südwestafrika (vgl. die Abbildung, S. 496) an. Die „Schamo“ (Sandmeer) der Chinesen ist nicht ein reiner Typus dieser Wüstenart, wie der Name vermuten lassen könnte. Der Boden ist vielmehr in Zentralasien vorwiegend steinig durch Felsentrümmer und geglättetes Geröll. Nicht die Sandwüste ist es aber, in der wir die eigentliche Wüste in der tiefsten Lebensarmut finden. Die Sandwüste ist vielmehr schon ein Übergang zur Staubwüste und zur begrasten Wüstensteppe. Die größte Vegetationsarmut in der Wüste findet man auf den groben Kiesflächen der Hammada in Nordafrika und den feineren Kiesflächen; wo dagegen Sand

erscheint, da hat sich auch gleich Vegetation angesiedelt, denn auch die kleinsten Feuchtigkeitsteilchen dringen in den Sand ein, erhalten und sammeln sich in seiner Tiefe. „Wo auf ihnen der Wind etwas Sand zusammengetrieben hat, entwickelt sich ein Pflanzenleben der bescheidensten Form.“ (Nachtigal.) Das ist die „Kifar“ der Nordafrikaner, die dürre Wüstensteppe, die sich im Frühling, wenn Regen sie befeuchtet, mit Graswuchs bedeckt, worauf sie von den in der Regel nahe bei den Oasen lagernden Hirtenstämmen beweidet wird.

Wenn die im Sand geschützte Feuchtigkeit sich in Vertiefungen zwischen großen Dünenzügen von vielleicht 100 und mehr Metern Höhe sammelt, sind wir schon der Oase nahe, der „Fiafi“ der Araber, wo sich um die Quellen unter Palmen und anderen Fruchtbäumen das Leben der Wüste verdichtet. Macht aber der in den Vertiefungen zur Ruhe kommende Staub



Landschaft in der Wüste Atakama in Chile. Nach R. A. Philippi. Vgl. Text, S. 487.

den Boden undurchlässig, so daß das Wasser nicht in Verbindung mit dem Grundwasser tritt, dann versumpft es den Schlammboden und konzentriert seine Salze; so entsteht mit der Zeit die Schlammwüste, deren Boden in der Hitze zerspringt (s. die Abbildung, S. 489) und Salz ausblühen läßt.

Der Staub ist nicht streng vom Sand zu trennen. Die Sandkörner gehen aber in der Regel unter 1/4 mm Durchmesser nicht hinab; alles kleinere fällt schon unter den Begriff Staub, der leichter ist und von Wasser und Wind weitergetragen wird. Auch ist im Sand in der Regel Staub mit enthalten. Während der Sand hauptsächlich aus Quarzkörnern besteht, wiegt im Staub Thon vor, der gewöhnlich den Körnern aus Quarz und anderen harten Mineralien anhaftet. Der Wind reibt diesen Thonstaub mit der Zeit ab und trägt ihn fort, wobei die Sandkörner immer reiner, zugleich aber auch kleiner werden.

Die große Masse des Sandes an den Ufern der Nord- und Ostsee besteht zu ungefähr 95 Prozent aus Quarz. Andere harte Mineralien, wie Granat, Augit, Zirkon, Turmalin, sowie weiche, wie Feldspat, Hornblende, Augit und Kalkspat, sind dazu gemischt und zwar als Körner von derselben Größe wie die Quarzkörner; alle haben im allgemeinen 1/4 mm im Durchmesser. Wiewohl nun die spezifischen Gewichte dieser Körner zwischen 2,5 und 2 schwanken, fehlt doch zur Schichtung die allgemeine Bewegung der

ganzen Sandmasse. Die unzähligen kleinen Bewegungen rütteln die ganze Masse durcheinander. Nur auf den Koralleninseln ist Kalksand in großen Mengen zu finden (s. oben, S. 331 u. 339), der größtenteils von oolithischer Struktur, also durch Niederschlag aus Kalklösungen, entstanden ist.

An der weißlichen Farbe erkennt man die Beimischung zerkleinerter Muscheln zu Quarzsand, an der rötlichen den Thon oder Feldspatbruchstücke. Je feiner der Sand wird, desto mehr treten alle anderen Bestandteile außer Quarz zurück, und eigentlicher Flugsand ist frei von Kalk. In vulkanischen Gebieten wird Tuff zerrieben; so ist der isländische Flugsand entstanden.

Über die Entstehung des Wüstensandes sind die Akten noch nicht geschlossen. Overweg ließ ihn aus dem Zerfall des Wüstensandsteins hervorgehen, andere führen ihn auf zersetzten Granit zurück. Die eine Entstehungsweise schließt die andere nicht aus. Kleine Dünen aus Feldspatstaub und Quarzkörnern mit einem fußbreiten Saume von Glimmerblättchen auf der Rückseite des Dünenwalles machen den



Schlammschollen in der Libyschen Wüste. Nach Photographie von Freih. v. Grünau. Vgl. Text, S. 483.

Eindruck einer noch nicht ganz durchgesichteten Flugsandbildung. Der Wind übt eine viel stärkere zerkleinernde Macht auf die Sandkörner aus als das Wasser, deswegen sind die Körner des Wüstensandes in der Regel runder als die des Meer- und Flußsandes.

Der Wind trägt ab und spült fort wie das Wasser, aber seine Wirkungen breiten sich über einen weiten Raum aus, er ist an kein Gefälle gebunden, und nichts kann ihn zwingen, in engen Rinnen zu fließen. Nicht auf jedem Gelände aber kann der Wind seine Wirkungen entfalten. Schon die Bodenfeuchtigkeit, wodurch die Staub- und Sandkörnchen zusammengehalten werden, hemmt die Windwirkungen; noch mehr thut dies die Vegetation, die den Wind abhält, bis zum Boden durchzudringen, während von vegetationsarmem Boden, z. B. in Nordsibirien, schon nach kurzer Austrocknung der Wind den Staub fortführt. Der Wind reißt auch Wellenkämme des aufgewühlten Meeres weg und trägt sie ins Land hinein, wo bei der Verdunstung das Salz zurückbleibt. Wahrscheinlich stammen daher die mikroskopischen Salzwürfelchen im Passatstaub. Aber hauptsächlich kommen doch für die Windwirkung trockene Gebiete und Striche in Betracht, und ihre größte Thätigkeit entfaltet sie einmal in den trockenen Passatzonen und dann

in den kalten Zonen, also in den Wüstengürteln der Erde. Hier bilden Staub und Sand in den Formen, die der Wind ihnen aufprägt, die Grundformen der Landschaft und bedecken einförmig weite Strecken, nachdem sie vorher die Luft wochenlang höhenrauchartig getrübt hatten. Doch sind es nicht die kleinsten Verlagerungen, die leichter Wind bewirkt, der den Sand und Staub nur einige Zentimeter hoch über den Boden hinträgt. Vermag mäßiger Wind nur Staub in die Höhe zu tragen, so rollt stärkerer Wind, dessen Staub das Tageslicht zur Dämmerung verdunkelt, auch gröbere Steine am Boden fort. Der ungarische Geolog E. von Cholnoky gewann von einem mongolischen Sand- und Staubsturm sogar „den Eindruck eines in Bewegung gebrachten Kontinentes". Das Brausen und Rauschen der vom Wüstensturme bewegten Sand- und Kiesmassen schildern uns die Wüstenreisenden. Schätzungen der durch Staubstürme bewegten festen Massen nehmen für den trockenen Westen der Vereinigten Staaten von Amerika mindestens $1/300$ der vom Mississippi bewegten festen Masse an. So schreibt auch Keilhack den „höchst unangenehmen Sand- und Staubstürmen auf den pflanzenleeren, kahlen Sandflächen Islands" einen großen Anteil an der Befreiung der Geschiebemassen von allen feineren Niederschlägen staub- oder sandartiger Beschaffenheit zu, die zur Sanddünenbildung auf den Diluvialplateaus verwendet werden.

Der Unterschied des spezifischen Gewichtes zwischen den Stoffen, aus denen Staub und Sand besteht, und der Luft ist aber doch zu groß, als daß nicht die Tragkraft der Luft für Sand und Staub sehr beschränkt sein müßte. Das kleinste Hindernis, das sich einem sandbeladenen Luftstrom entgegenstellt, genügt, um den Sand niederfallen zu machen. Daher liegen die Dünen hart hintereinander, und aus demselben Grunde wachsen Sandhügel um jeden Baum und sogar um jeden Grasbusch herum.

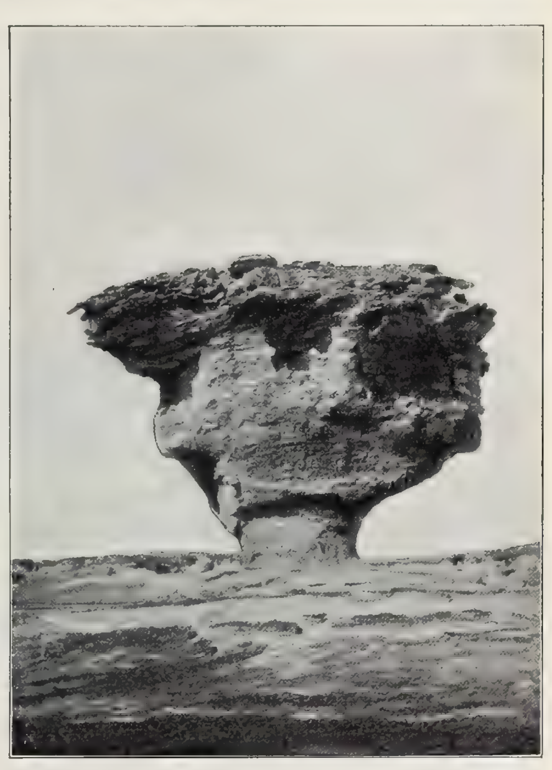
Immerhin werden vorwaltende Windrichtungen mit der Zeit größere Verlagerungen bewirken. Flinders Petrie hat an der Entblößung von altägyptischen Bauten, deren Entstehungszeit man kennt, die Schätzung von 1 m Abtragung durch Wind in 1000 Jahren aufgestellt. Aber bei Kantara am Sueskanal hat der Wind in geschichtlicher Zeit 12 m Boden abgetragen. Und Gilbert beschreibt vom oberen Arkansas vom Wind ausgehöhlte Seenbecken, wo das herausgewehte Material auf der Leeseite des Beckens aufgehäuft liegt. Vgl. auch die Angaben über Dünenwanderungen, S. 494.

Zwischen Sand und Staub wird immer der Unterschied sein, daß Sand, trotz seiner Beweglichkeit, keine so weiten Wege macht, daher ständig schmale, windbestrichene Gebiete an Küsten und in Wüsten bedeckt. Sein Wandern ist immer leicht gehemmt und schwankt bei Änderungen der Windrichtung zurück. Der Staub dagegen wird über Länder und, in der feinsten Form, sogar über Meere getragen. Das Innere der Wüsten ist daher arm an Staub, der Wind trägt ihn hinaus und hinab in die Steppen, wo er von der Vegetation und Feuchtigkeit festgehalten wird. In Zentralasien liegen die mächtigsten Sandablagerungen im Süden der eigentlichen Wüste: Ordosland, Alaschan, Tarymbecken, während dann in der Ostmongolei und China die größten Lößmassen liegen. Deswegen liegen um die echten, dürren Sandwüsten auch im Tarymbecken fruchtbare Lößstreifen, das Erzeugnis langsamer Sichtung.

Die ergiebigsten Staubfälle in Nordchina treten mit den West- und Nordweststürmen auf, die im Winter vorherrschen. Auch die Staubfälle über dem Atlantischen Ozean sind vom Dezember bis zum Februar am häufigsten. In beiden Fällen begünstigt sie der hohe Luftdruck über den Wüsten Zentralasiens und Nordafrikas. Daher fällt denn auch der Passatstaub bis in die Alpen hinein so oft auf Schnee, was zu seiner Festhaltung am Boden beiträgt. Die dadurch entstehende Rot- und Braunfärbung des Schnees, die man nicht mit der Färbung durch Schneealgen verwechseln darf, ist in den Alpen wohlbekannt. Solche Schneefärbungen aus dem gleichen Grunde hat man auch in Galizien und im östlichen Rußland beobachtet. Selbst in den arktischen Ländern sind Staubfälle beobachtet worden, an denen

vielleicht vulkanische Asche beteiligt ist, die von Ausbrüchen auf Island oder den Aleuten herstammt. Nares hat an der Westküste von Grönland einen „Eisoolith“ aus zusammengefrorenen Staub- und Sandkörnern beobachtet.

Während bei leichter Brise der aufwirbelnde Staub wie ein leichter Nebel sich bis zu geringer Höhe über den Boden erhebt, flattern beim Staubsturm die Dünen vor dem Anprall der Luft auf und kämpfen wie eine tosende Brandung in gelben Wellen gegen sie an. Das Bild des stürmisch bewegten Wassers drängt sich dann dem Beobachter auf. Sandbäche strömen unten zu, und Sandwolken, vorwiegend in der Form langer Streifen, werden von oben weggetragen. Von fern sieht ein solcher Sturm wie eine hellgelbe, fast schweflige Wolke aus. Auf alle Gegenstände wirft er einen tiefgelben Schein, der mit dem Blau kontrastiert, das durch einige Wolkenrisse oben hereinschaut. Wer vom Sturm umgeben ist, sieht kaum 10 m weit. Die Gefahr für den Menschen und seine Tiere liegt dabei in der Erschwerung der Atmung, in der Verletzung aller nackten Körperteile durch Millionen heißer, scharfer Sandkörnchen, die mit großer Gewalt angeworfen werden, und in der plötzlichen Steigerung der Lufttemperatur von 25° auf 40°. Die Stürme, von denen die Lößterrassen am Fuß der tibetanischen Berge zerrissen werden, häufen den Staub zu 12 m hohen Hügeln rings um die Espen an, welche die Flußläufe begleiten. Regnet es während eines solchen Staubsturmes, so fällt der Staub in feuchten Häufchen aus der Luft, weil der größere Teil des Wassers vor dem Fallen verdunstet. In staubreichen, trockenen Ländern wird jeder Sturm, der nicht mit Regen verbunden ist, ein Staubsturm werden. Da aber eine gewisse Stärke der wirbelnden Luftbewegung dazu gehört, um den Staub hoch emporzureißen und über weite Strecken hinzutragen, nennt man Staubstürme nur die stärksten Bewegungen. Im großen Becken Nordamerikas zählt man immerhin jährlich fünf Staubstürme, die durchschnittlich 24 Stunden dauern, bis zu 27 g Staub und Sand in 1 cbm Luft führen und Gebiete von durchschnittlich 330 km Längsausdehnung überwehen.



Ein „Zeuge“ in der Oase Gara, Libysche Wüste. Nach Photographie aus Georg Steindorffs Sammlung.

Der Wind begnügt sich nicht, zu transportieren, er wirkt unmittelbar zersetzend auf alle Gesteine ein. Die mit Gewalt gegen den Stein geschleuderten Sandkörner wirken als Sandgebläse. Sie arbeiten die weichen Stellen heraus und glätten die harten, die oft wie verglast oder gefirnißt erscheinen. Auf harten Steinen erzeugt der sandbeladene Wind pockenartige Vertiefungen. Im Westen Nordamerikas beobachtet man sogar, daß der mit Sand beladene Wind Glasfenster mattschleift. Wo in der Sahara der Wüstensandstein heftigem Windanfall ausgesetzt ist, wirkt Flugsand korrodierend auf seinen ganzen Schichtenbau: er schleift weiche Lagen aus und frißt die härteren an und arbeitet auf geneigten Steinflächen wellige Rillen heraus. So entstehen dann die phantastischen Mauern, Ruinen, Schlösser, Felspfeiler der Wüste (s. die obenstehende Abbildung). Im Windschutze geht die gewöhnliche netzförmige Zersetzung vor

sich, die der Wind ebenfalls unterstützt, indem er den Sand und Staub aus den Löchern der „Wespennester" herausbläst (vgl. die Abb., S. 514). Sanderosion wirkt durch kleinste Werkzeuge auf kleinste Stellen; man könnte sie als eine Summe von Punktwirkungen bezeichnen. Daher ist sie in der Wirkung mit der Auflösung verwandt. Wassererosion läßt ihre Werkzeuge Wege über die abzutragende Fläche machen. Bei der Sanderosion bleiben die härteren Gesteinsteile stehen, wie herauspräpariert, während bei der Wassererosion eine allgemeine Abschleifung stattfindet.

Im Glazialsande des Norddeutschen Tieflandes liegen viele Kiesel von eigentümlich kantiger, keilförmiger Gestalt. Man hat es jetzt aufgegeben, diese „Dreikanter" in eingeklemmter Lage im Eise durch Gletscherwasserspülung entstehen zu lassen. Sie haben vielmehr ihre Form durch windbewegten Sand empfangen, der sie je nach ihrer Lage bald von der einen und bald von der anderen Seite her angeschliffen und ihnen zugleich einen eigentümlichen Wachsglanz verliehen hat. Dabei kam der ursprüngliche elliptische oder ovale Umriß vieler Rollsteine in Betracht, der dem Winde und dem von ihm bewegten Sand bestimmte Wege wies. Man unterscheidet leicht die angeschliffenen Seiten, die frei lagen, von denen, die unberührt blieben, weil sie im Boden begraben waren. Oft erkennt man auch eine weniger abgeschliffene Seite, die im Windschutz eines Felsens oder Hügels lag. Die noch immer nicht ganz erklärte schwarzglänzende Kruste auf eisen- und kieselsäurereichen Gesteinen, die auf Lößboden im Steppenklima liegen, bildet sich nicht auf Sandboden und wo Wasser mitwirkt. Jedenfalls entsteht sie auf Kosten des Eisens und der Kieselsäure. Ein eigentümliches Werk des Windes sind auch die Lehmkugeln, die aus Lehmstücken entstehen, denen der Wind durch Rollung eine runde Form gegeben hat. Man findet sie an den Rändern der Wüste.

Die Natur der Dünen.

Unter dem Einflusse des Windes lagern sich Sand, Staub, Schnee, auch selbst Blätter und kleine Zweige zu Hügeln, die auf der Windseite mit einer leichten Rundung ansteigen und auf der Leeseite steiler abfallen; meist sind auch die Flanken zurückgebogen, so daß eine Halbmondform entsteht, die oft selbst einer Ringform nahekommt. Einem Abfall der Lee- oder Innenseite von 30—48° steht ein Abfall der Windseite von 5—10° gegenüber. Gewöhnlich sind in einem größeren Dünengebiete die Abhänge von gleicher Lage sehr gleichmäßig. Der Winddruck macht die Windseite der Düne dichter. Indem sich nun diese Hügel neben- und hintereinander lagern, entstehen jene verworrenen, thallosen Hügelländer, in denen man sich sehr schwer zurechtfindet, weil sie keinem bestimmten Gefälle folgen. In einer Thallandschaft erkennt man die bildende Kraft in jeder Rinne, in einer Dünenlandschaft erschließt sich uns das bildende Prinzip erst aus der Vogelperspektive. Wohl kommt Schichtung vor, wo der Wind in Zwischenräumen Lage auf Lage häuft, aber auch die Schichten sind im Sande niemals ausgedehnt und zeigen große Ungleichheiten der Dicke und Lage, die der schwankenden, veränderlichen Natur der hier wirkenden Kraft gemäß ist. Eigentümliche Gestaltungen der Erdoberfläche bringt der bewegliche Sand auch dort hervor, wo er sich in die Hohlformen des vorhandenen Bodens hineindrängt, sie ausfüllt, Unebenheiten ausfüllt. Da wirkt er genau wie der Schnee ausgleichend und, soweit seine Masse es erlaubt, nivellierend.

Charles Martins vergleicht die Dünen des Wüstensandes aus der Ferne gesehen dem Firn, der die Zirkusthäler in der Nachbarschaft der höchsten Alpengipfel ausfüllt. Auch in den Anden, wo von den 4000 m hohen, sandbedeckten Hochebenen Ausläufer der Hochlanddünen gegen die Pampas herabfließen, und zwar ostsüdostwärts, in der Richtung der vorwaltenden Winde, wird man an Firnflächen und ihre Ausläufer erinnert. Stelzner spricht dabei ganz treffend von „Sandgletschern".

Im allgemeinen sind die Sandformen anschmiegend, unselbständig. Es fehlt ihnen das Harte des Steines und das Konsequente der Aneinanderreihung der Wasserformen an ihren Wasserfaden. So wie die Düne aus Sandkörnchen wächst, die Körnchen für Körnchen sich sammeln, so haben auch ihre Formen und selbst die Formen ihres Pflanzenwuchses etwas Kleines. Sie fordern auch zur Kleinbeobachtung auf, die das Fließen der Sandsträhnen, das Rollen der Körner, das Beschreiben von Kreisen durch windbewegte Halme im Sande betrachtet.

In der Farbe aller Sedimente der Luft wiegen helle gelbliche und weißliche Farben vor, die Mitwirkung des Wassers erst bringt dunkleres Grau und Braun herbei. Die Dünen sind



Sandanwehung in der Wüste bei Wadi Halfa, Ägypten. Nach Photographie aus Georg Steindorffs Sammlung.

gelb, und die Wüstenfarbe ist gelb, während Grau und Braun die Farben der Marschen, Deltaanschwemmungen und Sümpfe sind. Aber auch die Wüstenfarbe ist nicht überall dieselbe. Je feiner der Sand, desto heller ist seine Farbe. Man sieht trockene Dünen silbergrau in der Sonne liegen. Feinerer gelblicher und weißer Sand ist über gröberen grauen hingeweht. Wo starke Winde wehen, ist der feinere Sand oben fortgeweht, und die Kämme der Dünen sind dunkler vom groben Sand und Kies. In der Nähe des Meeres ist der Sand tiefer gefärbt, soweit ihn die Wellen treffen; einzelne Striche sind weißlich durch Muscheltrümmer, und in den langgestreckten Vertiefungen zwischen den Dünenrücken liegt schwärzlicher Schlammstaub. Steigen wir von den gelben oder lichtgrauen Dünenhügeln zum Meere hinab, so ergibt der halbfeuchte braune Sand, das grüne Meer, der tiefblaue Luftstreifen in der Ferne eine herrliche Farbenmischung. Vom Meere aus sieht man dagegen die Dünen in langen, schmalen Wellenlinien wie eine gelbliche oder graue Abtönung des leuchtend weißen Brandungssaumes jenseit des Küstenstreifens hinziehen.

In einem merkwürdigen Gegensatze steht die Lebensarmut des Sandes zu seiner Beweglichkeit, die sogar Töne hervorruft. Das Knistern der Sandkörner muß das Lispeln der Blätter

ersetzen. „Es war windstill, kein Sandkörnlein regte sich", heißt es in dem Feldtagebuche des Obersten Kokoltzow aus dem Chiwafeldzuge von 1873. Das Reiben der Sandkörner aneinander bei heftigem Wind erzeugt ein sausendes Geräusch von schärferem Ton als die einfache Luftbewegung. Möglicherweise nimmt die Elektrizität daran teil; Siemens wenigstens berichtet von einem singenden Geräusch, das er in einer mit Flugsand beladenen Luft, die stark elektrisch war, auf der Cheopspyramide vernahm.

Die Dünen gehören zu den Erscheinungen, die unter allen Zonen die gleichen landschaftlichen Bilder zeigen. Schon Georg Spilberg hob 1615 die Ähnlichkeit der Dünen am Südrand Amerikas mit den Dünen von Seeland hervor. Der Anblick der südwestafrikanischen Küste ist südlich vom Kap Frio durch dieselben hohen Sanddünen bezeichnet, die auch an der nordwestafrikanischen Küste südlich vom Atlas ans Meer treten. Frank Gregory beschreibt aus Nordwestaustralien Treibsanddünen von 10—20 m Höhe, die seinem Vordringen ins Innere ein Ziel setzten; sie folgten einander in Zwischenräumen von mehreren hundert Metern und verliefen gleichmäßig zwischen Norden und Westen. Nur ihre rötliche Farbe unterschied sie von den Dünen, die im entgegengesetzten Teil Australiens Eyres Reisen im Seengebiet erschwerten.

Eine wichtige Sache in der Dünenbildung ist der Zusammenhalt der Sandkörner, aus denen die Düne sich bildet. Soweit Flut und Brandung reichen, durchfeuchten sie den Sand, der dann fest zusammenhält. Die Wucht der aufprallenden Wogen trägt noch dazu bei, ihn zu härten. In diesem Zustande verliert natürlich der Dünensand seine Beweglichkeit. Auch Regen und Schnee hemmen sie. So liegt er, kaum eine Spur des darüberhinschreitenden Fußes aufnehmend, am Meere, so hören wir ihn auch vom Ufer des Aralsees schildern, wo kaum die Schwielen eines Kamelfußes einen Abdruck hinterlassen.

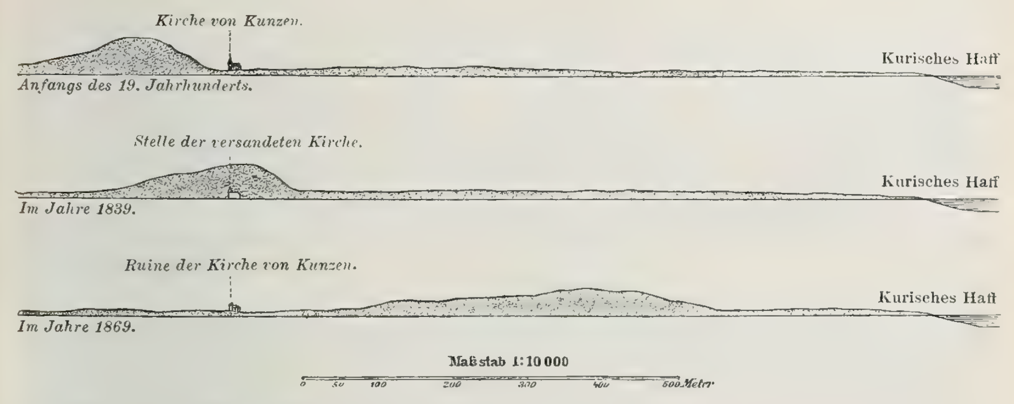
Ein Minimum von Kalkgehalt genügt, die Sandkörner zusammenzukitten; an solchen Stellen liegen dann Platten bröckeligen Sandsteines zwischen den lockeren Schichten. Schon der gelöste Kalk der Muscheln genügt zur Versteinerung der Seesanddünen. Im Wüstensand ist öfters Gips das Bindemittel; dort gibt es im Sand sogar Gipskristalle, die Sandkörner einschließen. Besonders leicht verkitten auch durch Lösung der Kieselsäure vulkanische Flugsande zu weichen Kieseltuffsandsteinen.

Das Wandern der Dünen.

Der vorwiegend auflandige Wind treibt den lockeren Sand an den Dünenhängen hinauf; der leichte hellgelbe Sand fliegt, der gröbere graue rollt unter diesem Anstoß aufwärts, beide fallen dann jenseit des Kammes der Düne nieder. Die vom feinsten Flugsande der Wüste bewirkte Kräuselung oder Wellung der Oberfläche sieht man über die Sandhügel hinwandern und auf der Leeseite ihre Form verlieren. Sven Hedin hat sie 24 cm in der Stunde wandern sehen. So wird auf Kosten der vorderen Düne allmählich eine neue hinter ihr gebildet (s. die Abbildung, S. 495). Deshalb stehen bei starkem Winde die Sandhügel wie im Nebel, erinnern an dampfende Wälder; nur ist es ein scharf begrenzter Nebel, durch den man die Umrisse der Düne recht wohl gewahr wird. Die Geschwindigkeit des Wanderns der Dünen kann überraschend groß sein. Im Frühling kann man über Schneelagern eine halbmeterhohe Sandschicht liegen sehen, und es entspricht dem, wenn aus Hinterpommern Versandungen von Strauchwehren um 25 cm in vierzehn Tagen beobachtet wurden. Auf der Kurischen Nehrung macht der Sand an ungeschützten Stellen jährlich Fortschritte von 5—6 m. Liegt Meer hinter den Dünen, wie an unseren Haffen und am Putziger Wiek, da kann man die Versandung an der Tiefenabnahme deutlich

fortschreiten sehen. Der Memeler Hafen und die schmale Fahrrinne im Kurischen Haff müssen beständig ausgebaggert werden, die Spitze der Nehrung wächst ununterbrochen nordwärts weiter und drängt das „Memeler Tief“ im Jahr um 1 Rute nordwärts. Windgeschwindigkeiten von 12 m treiben Sandkörner von einem Durchmesser bis zu 1,5 mm, solche von 4—6 m treiben noch Sandkörner von 0,25 mm.

Lockere Dünen sind wahre Abbilder der Windrichtungen. Obrutschew erzählt, wie die „Barchane“, die halbmondförmigen Sanddünen der Kaspiniederung zwischen den Nordwinden des Sommers und den Südwinden des Winters einen vollen Frontwechsel ausführen. Im Herbst und Frühling sind ihre Formen schwankend und ändern sich oft sehr rasch. Hat doch Johannes Walther in der Gegend von Buchara eine Sicheldüne in einer Stunde um 0,5 m nordwärts wandern sehen. In derselben bucharischen Wüste hat man Bewegungen um 18 m südwärts und wieder 12 m nordwärts im Jahre gemessen. Wo die Winde regelmäßig wehen,



Die Wanderung der Düne bei dem Dorfe Kunzen auf der Kurischen Nehrung. Nach Behrendt. Vgl. Text, S. 494.

nehmen auch die Dünenzüge feste Richtungen an. Die Dünen des Nordostpassatgürtels haben alle eine Tendenz nach Westen und Süden, woran weder der Boden noch ihre eigene Zusammensetzung etwas ändern. Der Südostpassat ordnet dagegen die Dünen der zentralaustralischen Wüste in nordwestlichen Richtungen. So erzählt Frank Gregory, wie er etwa 50 km landeinwärts von der Nordwestküste auf „vom Wasser ausgewaschene rote Treibsanddünen stieß, die in parallelen Linien mehrere hundert Meter voneinander entfernt gleichmäßig in der Richtung N. 109 W. verliefen, scharfe Rücken von 10—20 m Höhe“. Er vermochte diese Sandwüste nicht zu durchdringen.

Vorwaltende Winde bringen auch eine dauernde Sichtung des Dünensandes hervor. Sie führen den feineren weiter fort und lassen den gröberen hinter sich liegen. So kommt es, daß zwischen den Wüstendünen aus grobem Sand ebene Flächen feinsten Sandes liegen, in dem der Reisende wie im Schlamme versinkt. „In der Lop-Nor-Wüste gibt es Dünen von 120—180 m Höhe, deren Kamm aus ziemlich grobem, mit Geröll durchmischtem Sande besteht; der feine Sand ist nach Süden in die Berge des Tschol-Tau verweht, an denen er ziemlich hoch liegt.“ (Koslow.) In den Vertiefungen zwischen den Sandwellen der Wüste sammelt sich Thon, der den Boden schwer durchlässig macht, so daß flache Seen sich bilden können. Auf die Sonderung von Sand und Thon führt das Vorkommen undurchlässiger Becken mitten im Sand der Wüsten zurück, die sich im Sommer mit ausblühendem Salz bedecken, das oft weiß und dicht

wie eine Schneedecke liegt. Tritt die Bodenfeuchtigkeit näher an die Oberfläche heran, oder entspringen sogar frische Quellen in solchen Niederungen, dann tragen sie Tamarisken und Steppengraswuchs oder sind sogar zu Kulturoasen durch die Arbeit des Menschen erhoben worden. Alle Oasen Transkaspiens und Turkestans haben Lößboden, oft bis zu 6 m mächtig, und daher kommt der große Unterschied der üppigen Fruchtbarkeit jedes Wüstenfleckes, den frisches Wasser berieselt, von der Öde der Sand- und Salzsumpfstrecken. Freilich herrscht der bewegliche Sand immer vor und bedeckt allein von dem Boden Transkaspiens 83 Prozent.



Wanderdünen in dem wasserlosen Küstenstrich Deutsch-Südwestafrikas. Nach Photographie von Leutnant Gentz.

Ein Mittelding von Sandwüste und Thonsteppe ist auch ein großer Teil der nubischen Wüste, die Lepsius ganz richtig „sandige Steppe“ nennt: „sie ist fast überall mit Gesch (Schilfgrasbüscheln) und nicht selten mit niedrigen Bäumen, meistens Sontbäumen, bewachsen. Die Regen, welche hier zu gewissen Zeiten des Jahres fallen, haben bedeutende Erdmassen in die Niederungen gespült, die sich recht gut würden bebauen lassen und zuweilen 3—4 Fuß tief von Regenbächen durchrissen sind. Die Erde ist gelb und aus einem thonigen Sande gebildet.“

Weht der Wind die feineren Bestandteile weg, so verliert er selbst an Kraft, den gröberen Rest zu bewegen. Es gibt Sand, auf dem man herausgewehte Feuersteinstücke liegen sieht, die wie Öl auf die Wogen wirken: die Formen des darunter liegenden Sandes bleiben rundlich und eben. Vorwaltende Nordwinde tragen Sand und Staub vom Nordufer des Plattensees auf das Südufer, jenes ist reingeweht, dieses mit Dünen besetzt, und vor jeder Bucht liegt eine

unterseeische Nehrung. In Südwestafrika vermögen die grobsandigen Dünen den 400 m breiten Swakop-Fluß nicht zu überschreiten. Daher rührt die Lücke in der Dünenkette, die für die Verbindung unseres Hafenortes Swakopmund mit dem Hinterlande so wichtig ist.

Das Wandern der Dünen bedeutet gegenüber dem Kulturland Überschüttung mit lebensfeindlichem Sand bis zur Erstickung alles Lebens. Auf der einen Seite dämmen die Dünen das Meer ab und sind ein Segen, auf der anderen wandern sie über Feld und Wiesen verwüstend hin. Dieselbe Düne, die Sylt auf der Westseite schützt, wird vom Winde ostwärts in das bewohnte und angebaute Land dieser größten unter den friesischen Inseln geweht und bedroht es mit Verwüstung. Die „Wanderbahn" einer Düne ist in der Richtung, auf der sie fortschreitet, mit Sand bestreut, und in der Richtung, aus der sie kommt, erkennt man ihren Weg an den Sandresten, deren letzte Spuren das Braun und Grün der festeren Erde gleichsam überzuckern. Wo sich kein Hindernis entgegenstellt, wird die Wanderung und Verschüttung so weit fortschreiten, als die Kraft des Windes reicht. Große Teile von Oasen sind in der Sahara durch Wanderdünen verschüttet worden. Es wird angenommen, daß Golea in früherer Zeit fünf- bis sechsmal so groß war wie heute; und Lepsius erzählt, daß die nubischen Ackerbauer fruchtbare Erde unter der Sanddecke herausgraben, um ihr Ackerland damit zu verbessern.

Die Geschichte jedes Dorfes auf der Kurischen Nehrung ist in ihrem Verlaufe durch das Wandern der Dünen bedingt. Weniger treten hier die eigentlichen Küstenveränderungen in den Vordergrund, wenn es unter anderem auch wahrscheinlich ist, daß bei Cranz ein alter Begräbnisplatz allmählich in die Ostsee gestürzt ist. Einzelne Dörfer sind verschwunden, so zwischen Cranz und Rossitten Lattenwald und Kunzen. Lattenwald ist nach langsamem Rückgang unter dem Einflusse der russischen Invasion von 1757 verlassen worden, in Kunzen wurden im Laufe des 18. Jahrhunderts mehrmals Häuser vor dem Andrang des Sandes verlegt. Die Schule versandete 1797, die Kirche 1804; 1822 war die ursprüngliche Gemarkung von 11 Hufen 9 Morgen auf 1 Hufe 19 Morgen zusammengeschrumpft, und 1825 scheint die Versandung des Dorfes vollendet gewesen zu sein. Nördlich von Rossitten ist wohl schon im 17. Jahrhundert Preden untergegangen, 1839 wurde das letzte Haus von Neu-Pillkoppen abgebrochen; 1797 war die Versandung von Karwaiten vollendet, dessen Bauern in den beiden frostarmen und sturmreichen Wintern von 1790 und 1791 von 18 auf 4 zurückgegangen waren. Negeln ist in den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts zu Grunde gegangen. Bei den neueren Versandungen läßt sich das Schicksal der Fortgezogenen, durch den Sand von ihrer Scholle Vertriebenen, verfolgen. Eine Anzahl von Dörfern ist durch sie an vorher wüster Stelle neu begründet worden, so Negelns, Purwihe, Preil und Perwelk. Die Schutzbauten haben dem Vordringen des Sandes im Laufe des 19. Jahrhunderts stärkere Schranken gesetzt als früher, wo man ihn nur mit Fangzäunen und Verbauungen abzuhalten suchte. Im Anfang dieses Jahrhunderts galt Nidden als so gut wie verloren, da Sandberge von mehr als 40 m Höhe vom Südwestwind in das nur von einem immer lichter werdenden Walde geschützte Dorf vorrückten. Heute sind die Berge, die schon damals dicht hinter den Häusern lagen, so festgelegt, daß die Zukunft von Nidden gesichert ist. Unter allen diesen Schwankungen betrug die Zahl der Wohnhäuser auf der Kurischen Nehrung nach der Zählung von 1885: 293 in 11 Siedelungen, die der Bewohner 2774; in der um 1785 erschienenen Goldbeckschen „Topographie des Königreichs Preußen" waren 131 Feuerstellen in 10 Siedelungen, und in der 1820 veröffentlichten „Topographischen Übersicht des Verwaltungsbezirkes der königlich preußischen Regierung zu Königsberg" 161 Feuerstellen und 1033 Bewohner ebenfalls in 10 Siedelungen angegeben.

Verbreitung und Entstehung der Dünen.

Es gibt überall Dünen, wo Wind und Wellen ihr Spiel treiben und wo das Material der Bildung feinen Sandes günstig ist. Der Sand des Rheines häuft sich im Oberrheinthal an manchen Stellen zu kleinen Dünenwällen auf. Karlsruhe liegt in einem solchen Sandgebiete. Die Gegend von Nürnberg, die Mark sind reich an Flugsand. In der norditalienischen Landschaft Lomellina sieht man weiße Dünen aus Po-Sand, und den Ladogasee umsäumen 5—6 m

hohe Dünen aus dem Sand alter Gletscher. Es gibt auch Fälle, wo man die Dünen an der Stelle findet, wo sie aus dem festen Gestein sich gebildet haben. So beschreibt Pöppig Dünenhügel aus dem südlichen Chile, „aus Syenit der Küste in loco gebildet, deren Kern die durch die Bindemittel eisenschüssiger Thone oder verhärteten Sand breccienartig verbundenen rezenten Muschelhügel bilden. Diese Kerne hindern das willkürliche Wandern der sie umhüllenden Dünensandmäntel."

Der Wind genügt, wo leicht zersetzlicher Sandstein ihm dargeboten wird, zur Dünenbildung auch ohne Wellenschlag, und wo wir im Inneren trockener Länder, weit entfernt vom Meere, Dünenzüge finden, dürfen wir nicht gleich behaupten: hier muß das Meer gebrandet haben. Die Dünen der Sahara bildeten das Hauptbeweismittel für das Saharameer, das einst eine große Rolle in der physikalischen Geographie spielte. Heute ist man nicht bereit, für die Sahara eine Meeresbedeckung später als in der Kreidezeit anzunehmen. Die Sahara ist im weitaus größten Teil kein Tiefland, sondern ein Hochland von 500 m mittlerer Höhe, von dem große Teile mit Flugsand bedeckt sind, der aus dem leicht zerfallenden Wüstensandstein herausgearbeitet ist. El Erg ist ein großer Sandgürtel, der von der Kleinen Syrte bis zum Ozean zieht und als Nordgrenze der Tuareg auch ethnographisch wichtig ist. Zwischen dem libyschen Oasenarchipel und den Oasengruppen von Audschila und Kufra liegt die westlich von Dachel beginnende Sandlandschaft, die jeden unmittelbaren Verkehr zwischen diesen Oasen hindert. „Bei 25° 11' nördl. Breite und 45° 20' östl. Länge von Ferro verwandelt sich die Libysche Wüste in ein einziges undurchdringliches Sandmeer. Soweit das Auge reicht, folgt Dünenkette auf Dünenkette, alle entweder von Norden nach Süden oder von Nordnordwesten nach Südsüdosten streichend; die Zwischenräume sind mit Sand ausgefüllt und gleichfalls mit niedrigen Hügelreihen bedeckt. Wie ein plötzlich erstarrtes, vom Sturm aufgeregtes Meer liegt diese Sandmasse vor dem Beschauer, scheinbar fest und doch beweglich. Wenn der Wind auf dem Dünenkamm einen Schleier feinen Sandes aufwirbelt und jeden scharfen Umriß verwischt, dann machen diese lichtgelben, zuweilen 100 m hohen Gebirgszüge einen beängstigenden, fast geisterhaften Eindruck." (Zittel.)

Weiter westlich wiegt in der algerischen Sahara, wo Dünen von 90 m Höhe vorkommen, die Ostnordostrichtung vor. Die Kalahari hat einen 60 km breiten Zug von Dünen, die, 15 bis 60 m hoch, dicht hintereinander zwischen Westen und Osten ziehen. Auch sie vergleicht A. A. Anderson einem sehr stürmischen Meere mit riesigen Wellen aus Sand. Hart am Rande der tiefen Meeresbecken häuft sich das lockere Material des Sandes, das dazu bestimmt zu sein scheint, vom Winde hinausgeweht zu werden, zu wahren Hügelländern auf. Man möchte glauben, daß jeder ablandige Wind etwas von diesen lockeren Aufhäufungen hinaustrüge, und daß sie in kurzer Zeit auf dem Meeresgrunde lägen. Statt dessen finden wir Küstendünen in allen Zonen. Auch dort, wo nicht, wie an der Ostsee, sandreicher Diluvialschutt das Meer umlagert, zerreibt der Wogenschlag den Fels zu Sand und spült immer von neuem den hinausgewehten Sand ans Land zurück. Daß dazu nicht die Gezeiten erforderlich sind, lehren die 50—60 m Höhe erreichenden Dünen der ostpreußischen Nehrungen und überhaupt die große Ausdehnung der Dünenumwallung der gezeitenarmen Ostsee. Daß noch viel weniger ein Verhältnis zwischen der Fluthöhe und der Größe der Dünen besteht, beweisen die Dünen von 80 m Höhe in der Westsahara, wo sie einen breiten Saum längs der Küste bilden; an der Küste des Damaralandes ist der Dünengürtel 10 km breit. (Vgl. die Abbildung, S. 496.)

Verschiedene Wirkungen der Dünen.

Indem der Tau und die nirgends völlig fehlenden Niederschläge im Sande versinken, wirken die Dünen selbst in der Wüste als Wasserfänge und Wasserbewahrer. Daher rühren feuchte und verhältnismäßig vegetationsreiche Stellen in den Dünenthälern. Die Sandwüste ist wegen des Futters, das die Senken zwischen den Dünenhügeln den Kamelen bieten, weniger schwer zu

durchmessen als die Steinwüste. Quellen vermögen zwar manchmal den Sand nicht mehr zu durchdringen, aber er schützt sie vor Verdunstung, und beim Graben in den grünen Senken der Sandwüste legt sie der kundige Wanderer bloß. Schwachen Flüssen mögen Dünen den Weg verlegen und sie zu vorzeitigem Stillstand in Seen oder Sümpfen zwingen. An den Küsten muß die Bewegung des vom Inneren in immer breiteren und seichteren Armen dem Meere zufließenden Wassers in Konflikt geraten mit der Bewegung der Küstendünen, die anderen Gesetzen und anderen Richtungen folgen. Die Dünenbildung schließt die Thalbildung aus. Allerdings liegen zwischen den Dünenhügeln Vertiefungen, aber das sind keine Thäler, sondern Mulden, die von allen Seiten der Sand umschließt. Die das Thal schaffende Kraft liegt im rinnenden Wasser, diese Mulden aber sind passiv gegenüber dem zusammenrinnenden Sand.

Mit Unrecht heißt man Los Valles („die Thäler") jene sandige Küstenlandschaft Perus, in der flache Mulden durch die versinkenden Flüsse gebildet werden, deren Abfluß nach dem Meere gehemmt wird. „Dünenketten legen sich dazwischen, deren Höhe gegenüber den Anden des Hintergrundes in nichts verschwindet, wohl aber von dem Reisenden beschwerlich empfunden wird." (Pöppig.)

Mit der Pflanzenwelt führt der Sand einen beständigen Kampf. Man kann die Wanderdünen als Sandablagerungen bezeichnen, deren die Vegetation noch nicht Herr geworden ist. Je ärmer an Pflanzenwuchs, desto beweglicher. Heute zeichnen herabhängende Halme des Dünengrases, vom Winde hin und her bewegt, seltsam regelmäßige, sich schneidende Halbkreise in den Sand. Rasch sind diese Gebilde verweht, wenn sich eine Brise erhebt, und nach einigen Tagen starken Windes ragt nur noch die Spitze der Halme aus der jungen Sandhülle hervor. Darum sterben aber die echten Dünengräser, wie Elymus arenarius und Ammophila arenaria, nicht ab; je höher der Sand steigt, desto höher wachsen sie. Ihre Wurzeln ragen viele Meter tief in den alten Sand hinein, und ihre Halme bieten dem neuen Halt. Selbst zur Sandsteinbildung geben Gräser Anlaß, denn durch die Verwachsung der Wurzelhaare des Steppengrases Aristida pungens mit den Körnchen des Dünensandes kommen eigentümliche Sandröhren zu stande, wodurch massive Sandsteingebilde von oft beträchtlicher Länge entstehen.

Der Wald ist zuerst eine Schutzwehr gegen Versandung, denn wie vor allen jäh aufsteigenden Hindernissen sammelt sich auch vor den Bäumen der Sand an. Durch die Zwischenräume der Bäume findet er aber doch seinen Weg und erstickt zuerst den Nachwuchs teils durch Zudecken, teils durch Verletzung der zarten Rinde durch die anprallenden Sandkörner. So wird langsam der Wald lichter, wozu an Küsten auch die besonders heftigen Orkane beitragen, und der Sand schreitet immer leichter vorwärts. Trägt der Mensch durch unvorsichtiges Niederschlagen zur Zerstörung des Waldes bei, dann um so schlimmer.

Ende des 18. Jahrhunderts ward zuerst die Ansicht ausgesprochen, daß die Dünen durch Bepflanzung festgehalten werden könnten. Die naturforschende Gesellschaft zu Danzig hatte 1768 die Preisfrage gestellt: „Welches sind die dienlichsten und am wenigsten kostbaren Mittel, der überhandnehmenden Versandung der Danziger Nehrung vorzubeugen und dem weiteren Anwuchs der Sanddünen abzuhelfen?" worauf der Wittenberger Professor Titius die Wiederherstellung der zerstörten Küstenwaldungen, besonders durch Nadelholz, empfahl und darauf hinwies, daß zur Unterstützung solcher Anpflanzungen auf Seeland und in Nordjütland das Sandrohr (Arundo arenaria) mit Erfolg angewendet werde. Erst Jahrzehnte später folgte man auf der Danziger Nehrung diesem Rat, später auch an der ostpreußischen Küste, auf der Kurischen Nehrung erst seit 1830, wobei Sören Biörn (gest. 1819) ein großes Verdienst zufällt. Man hat mit der Zeit erkannt, daß es sich hier um zwei Aufgaben handelt: erstens die Zufuhr neuen Sandes vom Meere her abzuschneiden, und zweitens die gefährlichen inneren Wanderdünen festzuhalten. Mit der Zeit hat sich für diese große Kulturarbeit die Methode herausgebildet, daß das in Angriff genommene Gebiet durch Strauchwerk in Vierecke abgegrenzt wird, die mit Elymus arenarius und Arundo arenaria, zwei Strandgräsern, angesäet werden, oder gleich, so auf der Kurischen Nehrung, nach Düngung

mit Lehm und Baggererde mit Waldföhren oder aus Dänemark eingeführten Zwergföhren (Pinus montana oder Pinus inops) bepflanzt werden. Letztere haben sich durch ihr niedergedrücktes, fast kriechend sich ausbreitendes Wachstum besonders nützlich erwiesen. Die Vordünen werden meist nur mit den beiden Gräsern angesät und an besonders gefährdeten Stellen durch Pfahlreihen befestigt, die ins Wasser hineinziehen. Diese Vordünen erhöhen sich von selbst durch die Festhaltung des Sandes in den Gräsern, und bei 2—3 m Höhe verhindern sie bereits das Übertreiben des frischen Flugsandes. Preußen hat für das Dünenwesen in Ost- und Westpreußen, Pommern und Schleswig-Holstein sowie zur Unterhaltung von Uferschutzbauten in den letzten Jahren bis zu 200,000 Mark ausgegeben. In der algerischen Sahara haben die Franzosen die die Oasen bedrohenden Dünen durch Bepflanzung mit Halfagras, Opuntien, Robinien und Pappeln zu befestigen gesucht. In Australien hat F. v. Müller die dort fehlenden Sandgräser zur Befestigung der Dünen aus Europa eingeführt.

Ungefähr die Hälfte des Dünenlandes der Kurischen Nehrung ist wiederbewaldbar, und es sind im Laufe dieses Jahrhunderts schon gegen 2000 Hektar Dünenboden dort dem Walde wiedergewonnen worden. So wie man jetzt dem Wandern der Dünen durch Waldpflanzungen Einhalt thut, so war in früherer Zeit die Zerstörung des Waldes die Hauptursache der Versandung. Schon aus der Hennebergischen Karte von Preußen ergibt sich, daß die Kurische Nehrung im 16. Jahrhundert viel stärker bewaldet war. Ortsnamen sprechen für Wald, wo heute nur Sand liegt. Andere Zeugnisse liegen noch heute im Boden in Gestalt von eingewehten Stämmen, die gelegentlich bloßgelegt werden, und für einen noch älteren Zustand in alten Resten eines Föhren, Birken und Eichen umschließenden Waldbodens, der von Sand bedeckt und überlagert wird und auf der Kurischen Nehrung in zwei verschiedenen Schichten vorkommt. Hier scheint mindestens zweimal Wald zerstört worden zu sein. Berendt erklärt dieses mit dem Wechselspiel von Hebung und Senkung; denn wenn die Hebung so weit gedieh, daß die Diluvialunterlage der Nehrung zu Tage trat, verminderte sich der Sandauswurf und die Dünenbildung. Auch sonst finden wir Wechsellagerung von Moor- und Sandboden mit Dünensand.

Für den Menschen sind die Sandwehen gefährlich, wo sie sein Kulturland und zuletzt selbst seine Wohnstätten mit unfruchtbarem Boden zudecken. Nützlich können sie nur dort werden, wo sie natürliche Dämme gegen den Wogenprall aufwerfen, wobei aber die Voraussetzung bleibt, daß sie durch Pflanzenwuchs oder doch Durchfeuchtung befestigt seien. Bezzenberger hat die Folgen der ungehemmten Versandung, zunächst für die Kurische Nehrung, folgendermaßen zusammengefaßt: 1) Die Vernichtung fast aller dort liegenden Dörfer, und Hand in Hand damit a) die fast völlige Entvölkerung der Kurischen Nehrung; b) die Unmöglichkeit, letztere mehr als zum kleinsten Teile forstlich oder ökonomisch zu nutzen; c) der Mangel jeglicher Hilfe bei Schiffsstrandungen zwischen Memel und Rossitten. 2) Die Verlandung eines großen Teiles des Kurischen Haffes und demzufolge das Aufhören der daselbst betriebenen Fischerei und Schifferei sowie die Versandung des Hafens von Memel. 3) Verschlechterung des Klimas der Memeler Gegend, die eintreten würde, sobald der Nordwestwind durch Winddurchrisse oder bei Erniedrigung der Dünen zu dieser Gegend freien Zutritt erhalten würde. Eine entferntere Gefahr wäre die Ablenkung der in das Haff mündenden Binnengewässer durch Verlandung.

In den Wüstendünengebieten hemmen die Dünen, wo sie locker sind, den Verkehr. Nicht nur der Sandwind, der Chamsin, der die Luft mit feinen Sandkörnern füllt und das Atmen erschwert, ist ein Feind der Wüstenwanderer. Die Sandfelder selbst sind oft schwer zu durchschreiten, und das Aufhören des Verkehrs zwischen Siwah und Kufrah ist wesentlich ihr Werk. Die größten Hindernisse bereiten die an der Oberfläche unter Mitwirkung der Feuchtigkeit durch Salz leicht zusammengekitteten Sanddünen, die Sebbahs, von denen Moritz von Beurmann sagt: „Diese Sebbahs sind eigentlich ein zu Tage liegendes ‚schwimmendes Gebirge‘ und

werden den Kamelen oft gefährlich, die, wenn sie da hinein geraten, nicht im stande sind, sich selbst wieder herauszuarbeiten."

Staubboden. Löß.

In der Diluvialzeit ist vom Wind ein feiner, lichtgelber Staub in großer Mächtigkeit in Gegenden abgelagert worden, wo heute ein regenreiches Klima herrscht. Dazu gehört auch Deutschland. Dieser Staub besteht aus feinen, abgerundeten Quarz- und Kalkkörnchen, die mit Thon gemengt und so locker, tuffartig gelagert sind, daß der daraus gebildete Löß[1] ungemein viel Wasser aufnimmt und festhält. Diese für die Fruchtbarkeit des Lößes wichtige Eigenschaft wird noch unterstützt durch ein System feiner Röhrchen, Reste von Wurzelfäserchen, deren Wände verkalkt sind; diese wirken wie Saugröhrchen. Der Löß enthält zahlreiche Landschneckenreste in vollkommen ungestörter Lagerung, Reste diluvialer Säugetiere, unter denen man Steppentiere erkannt hat, und auch nicht wenig Reste des diluvialen Menschen. Seltsam geformte, harte Zusammensinterungen von Kalk und Thon bilden die in den Löß eingebetteten „Lößmännchen". Der Löß kommt in Gegenden vor, die früher ein Steppenklima hatten, und wo durch Gletscher- oder Wasserarbeit Gesteine zu Staub zermahlen wurden. Winde trugen diesen Staub über Thäler und Hügel, woher die deckenförmige, dem Boden angeschmiegte Lagerung des Lößes entstand. Die Lößbildung findet die günstigsten Bedingungen in jenen Steppengebieten, wo ein trockener und windreicher Winter den vom Frost gelockerten, pflanzenarmen Boden verweht. Ähnlich müssen die Verhältnisse in Mitteleuropa in interglazialen und postglazialen Zeiten gewesen sein, wo nördliche Winde den Staub aus dem Glazialschutt nach Süden trugen, wo er sich dann als Lößsaum an den Abhängen der deutschen Mittelgebirge niederschlug. In China, wo die nahe Steppe in dieser Weise den Staub dazu liefert, bildet er ungeheuere Ablagerungen von 500—600 m Mächtigkeit, die bezeichnenderweise in der echten, ungeschichteten Form nur an den tieferen Rändern Innerasiens liegen. Mit Sand gemengt, bildet er auch den Untergrund der Pampas von Argentinien am Ostfuße der Anden, wo er 80 m mächtig wird, und wo als Erzeugnis seiner Auslaugung die kalkreiche „Tosca" in Platten und als Lößmännchen in ihm vorkommt. In Deutschland ist er besonders im oberrheinischen Gebiet und am Südrande des norddeutschen Tieflandes bis zu 20 m Mächtigkeit vertreten und steigt als Überzug von Hügeln bis zu 300 m. Er kommt in genau derselben Weise auch am Südrande der Alpen und am verbreitetsten im osteuropäischen Tieflande vor. Dort gehören dem Lößgebiet Rußlands 25 Gouvernements, mit einer Bodenfläche von rund 2 Mill. qkm an, also mehr als ein Drittel des Areals mit weit über einem Drittel der Bevölkerung. Überall ist der Löß durch seine Fruchtbarkeit ein trefflicher Ackerboden, besonders wo er dunkel von Humus ist. Die Lößgebiete sind in der Alten und Neuen Welt die besten Weizenländer.

Daß Löß an manchen Stellen überflutet, geschichtet, mit Sand und groben Geschieben überlagert wurde, hat die Erkenntnis seines äolischen Ursprunges erschwert. Lagern sich doch an Gletscherrändern und in Süßwasserseen äußerlich ähnliche thon- und kalkreiche Erden ab. Solchen Gletscher- und Flußschlamm ergriff in trockenem Zustande der Wind und trug ihn als Staub über das Land hin. Äolisch abgelagerten Staub ergriff wieder das Wasser, besonders wenn es weite Lößflächen überschwemmte, und führte ihn fluß- und stromab. Auch ist Löß durch Wasserzufluß entkalkt und in einen mehr lehmartigen Zustand übergeführt, „verlehmt" worden.

[1] Oberrheinischer Name, der von los, locker hergeleitet wird.

Als echteste Steppenbildung finden wir ihn in dem Berglöß, durch Überflutungen verändert im Gehängelöß, vollkommen umgelagert und geschichtet im Thallöß des Oberrheins. Dabei machen sich selbst kleinere klimatische Unterschiede bemerkbar, wie z. B. im regenreicheren westlichen Sundgau der Löß kalkärmer, lehmartiger ist als im östlichen. Mit Humuserde versetzt, gewinnt der Löß eine dunkle Farbe, und wir haben nun die Schwarzerde, Tschernosem, heutiger Steppen- und Prärieländer, welche Südrußland außer der Krim und den nordkaspischen Steppen südlich einer Linie Pripet-Kasan in einem Streifen von 300—700 km Breite bedeckt. Eine sehr humusreiche, dem Löß nächstverwandte Erde, die Schwarzerde Westsibiriens, liegt auf den Höhen und sanften Abhängen 25—35 cm mächtig und ist mit 5—6 Prozent Humus an Güte der mittleren südrussischen Schwarzerde wohl noch vergleichbar.

Nachdem der Löß auf seinen europäischen Lagerstätten lange Zeit fast einstimmig als ein Erzeugnis der zerreibenden Wirkung der Flüsse und Gletscher auf die Gesteine gedeutet worden war, schrieb F. von Richthofen den Lößlagern Chinas äolischen Ursprung zu, nachdem unabhängig von ihm schon vorher Bravard und Burmeister die argentinische Quartärformation für ein atmosphärisches Gebilde erklärt hatten. Daß aber die zerreibende Arbeit und die Schlemmarbeit der Gletscher auch im stande sind, lößähnliche Massen zu erzeugen, dürfte daneben außer Zweifel stehen.

Lateritboden und terra rossa.

Beim Zerfall kristallinischer Gesteine entsteht entweder Thon oder Laterit. Beim Thon sind alle alkalischen Bestandteile aufgelöst, und es bleibt die Thonerde mit der Kieselsäure zurück. Beim Laterit ist mit den alkalischen Bestandteilen auch noch die Kieselsäure aufgelöst und weggeführt, und es bleibt Thonerde mit Eisenoxyd zurück. Eisenoxyd durchsetzt das Ganze oder ist als Konkretion abgeschieden. Die ursprüngliche Gesteinsbeschaffenheit macht keinen großen Unterschied in dem Endergebnis, aber die ursprüngliche Struktur bleibt in vielen Fällen erhalten. Man kann an anstehenden Felswänden die „Lateritisierung" 30 m tief verfolgen und ist zuletzt unsicher, wo man die Grenze des unzersetzten Gesteines und wo die des halbzersetzten ziehen soll. So entsteht ein roter, trockener, durchlässiger Boden, der unter heftigem Regen oft steinhart wird. Daher der Name Laterit, von later = Ziegelstein. Wind und Wasser tragen die feineren Bestandteile des Laterits mit sich fort und lagern sie als rote Thone und Sande ab, die sekundäre Laterite, d. h. Laterite auf zweiter Lagerstätte, sind. Der starke Eisenoxydgehalt (in geringem Maß als phosphorsaures Eisenoxyd) bedingt die rote Farbe, die in tropischen Ländern so weit verbreitet ist, daß Georg Schweinfurth Afrika den Namen des „Roten Erdteils" beigelegt hat. Das Rot des Laterits stuft sich von warmem Rotbraun zu scharfem Ziegelrot ab, erscheint aber in der Färbung der Landschaft am häufigsten als ein unreines Karmin, das besonders an Steilwänden, wie am Kongo-Ufer, aufleuchtet. Es gibt auch lichtere Varietäten von Laterit, die sich bis zu lebhaftem Ockergelb aufhellen, und das Karmin jener Wände wird oft durch einen leuchtenden Anflug von Weiß oder Chromgelb grell gehoben.

Die Gesteinsnatur des Laterits schwankt von der eines locker gebundenen, zerreibbaren Sandes bis zum dichten, schlackenartigen Brauneisenstein. Oft umschließt er beträchtlich gröbere Gesteinsbruchstücke und besonders oft außer Eisenoxydkonkretionen auch Quarzgerölle. Die Brauneisensteinblöcke mit blasigen Hohlräumen erreichen oft Zentnergewicht. Die lockere Fügung des Laterits bedingt eine große Wasserdurchlässigkeit. Selbst nach einem starken Platzregen ist jede Pfütze binnen kurzer Zeit verschwunden, und mitten im regenreichen Tropengebiete liegen die Bäche in den Lateritgeländen viele Monate trocken. Doch ist in dieser Beziehung, wie zuerst Oskar Baumann gezeigt hat, noch ein großer, praktischer Unterschied zwischen dem undurchlässigen

und wenig fruchtbaren Laterit, der aus Schiefer und alten kristallinischen Gesteinen am unteren Kongo verwittert, und den Lateriten aus Sandstein am oberen Kongo oder aus vulkanischen Gesteinen in Guinea.

In Deutsch-Ostafrika, wo man die Entstehung des Laterits aus Gneis nachweisen kann, erkennt man ihn überall daran, daß Mimosen, kleinblätterige Bäume und Sträucher, immer weit verteilt, auch Baobabs, kurzes und hartes, büscheliges Gras auf ihm wachsen. Leicht geackert und beständig feucht gehalten, ist er nicht unfruchtbar und scheint besonders für Mais nicht ungünstig zu sein. Dieser Boden wird zum grauroten Alluvialboden unter dem Einfluß des abschwemmenden Regenwassers, das ihn fortführt und umschichtet, mit der Zeit auch organische Bestandteile zufügt und ihn so durch Absonderung von den gröberen Bestandteilen aufschließt. Durch Anflug grauen Sandes, der auf der Oberfläche sich ausscheidet, äußerlich graurot, ist er, aufgebrochen, hellbraun. Die Vegetation, die er trägt, ist dichter, groß- und weichblätteriger als die der roten Erde. Schwarze Erde entwickelt sich überall, wo der Abfluß gehemmt ist, sie sich also mit Feuchtigkeit durchtränkt und dadurch die organischen Bestandteile langsam verwesend aufhäuft. Das ist schwarzer Alluvialboden. Von ihm verschieden ist der eigentliche mit Pflanzenfasern durchsetzte, trockene Humusboden, der in Afrika verhältnismäßig selten ist.

Die rote thonige Erde ist sehr günstig für Termitenbauten, die Turmhöhe erreichen und steinhart werden. Cameron sah solche von 12–15 m Höhe in der Nähe des Lowoi (Nebenfluß des Kassai). Bei Überschwemmungen retten sich die Bewohner der Ebenen auf diese Hügel. Emin Pascha erzählt von seinen Reisen östlich des Nils, wie er in dem welligen Lande keinen Umblick gewinnen, nicht einmal die Berge von Fatiko sehen konnte; nur von einem Termitenbau aus war es möglich, die Gegend zu überschauen. Mit Vorliebe bauen die Termiten an den Plateaurändern lang hingezogene mauerähnliche Wälle mit gezähntem Oberrande.

Der Laterit ist keine afrikanische Besonderheit, sondern gehört ebensogut auch den Hochebenengebieten Südindiens und Brasiliens an. Auf der Bodenkarte im Berghausschen Atlas nimmt Laterit in Afrika 49 Prozent, in Südamerika 43 Prozent, in Asien 16 Prozent der Bodenfläche ein. Er gewinnt allerdings nirgends eine so große Ausdehnung wie in Afrika und ist vielleicht in anderen Gebieten auch nicht gerade in einer so ungünstigen Form vertreten. Indessen nennt Grandidier auch zwei Dritteile von Madagaskar unfruchtbar wegen Lateritbodens. In der Regel sind $1/2$ bis $2/3$ der Bestandteile des Laterits Kieselsäure und $1/4$ bis über $1/3$ Eisenoxyd, wobei häufig eine Grundmasse von Quarzkörnern einfach durch Eisenoxyd verkittet ist.

Auf die Entstehung des Laterits kann nur seine Lagerungsweise ein Licht werfen. Denn er umschließt keine versteinerten Pflanzen- oder Tierreste, die etwa dazu beitrügen, ihm eine bestimmte Stellung in der geologischen Formationsreihe anzuweisen. Nun scheint an manchen Stellen, wie z. B. bei Mboma am Kongo, der Übergang des Laterits in den ihn unterlagernden Glimmerschiefer, an anderen Stellen in Gneis oder Granit so allmählich zu sein, daß man eine Herausbildung des einen aus dem anderen annehmen muß und je nach der Unterlagerung von Gneislaterit, Glimmerschieferlaterit u. s. w. spricht. Quarzgänge im Laterit machen seine Entstehung durch Verwitterung der unterlagernden kristallinischen Gesteine noch wahrscheinlicher. Es kommt auch vor, daß dem Laterit Brauneisensteinplatten unterlagern, und daß man bei mächtigen Lagern (von 30 m und mehr) den Übergang eines atmosphärisch zersetzten gelben in einen tieferen roten Laterit verfolgen kann. Allein es gibt auch andere Lateritvorkommen, wo ohne Zweifel das Gestein nicht mehr am Orte seiner ursprünglichen Bildung liegt, sondern durch Wind oder Wasser hergetragen ist. Von dieser Art sind die mächtigen Lateritlager im Vorlande des Kongohochlandes und auf Inseln im Kongo. Daß der Laterit nur in den wärmeren Erdstrichen bodenbildend auftritt, legt den Gedanken an die gesteigerte Auflösungsfähigkeit lauer Niederschläge, die in den Tropen auffallend reich an Oxydationsprodukten des Stickstoffes sind, und der kohlensäurereichen Sickerwasser nahe. Allerdings gibt es lateritähnliche

Gesteine in tertiären Schichten Europas, z. B. den Bauxit des Vogelsberges; aber in ihnen hat man Erzeugnisse eines einst tropischen Klimas dieser Gegenden zu suchen.

Bei der Auflösung von Kalkgesteinen, die oft nur 2—3 Prozent fremde Bestandteile enthalten, bleibt in den sommertrockenen Karstgebieten eine mit 16—20 Prozent Eisenoxydhydrat versetzte, bald ocker-, bald bohnerzartige rotbraune Erde übrig, die man in Istrien terra rossa nennt. Sie liegt am Boden der Dolinen bis zu 7 m mächtig; man findet sie in kleinerer Menge in anderen Höhlungen, und man begegnet ihrer Farbe sogar in der rötlichen Färbung der Stalaktiten, z. B. in der Divačahöhle. So wie man das „rote" und das „weiße Istrien" unterscheidet, geht ein Gegensatz von Gebieten mit und ohne terra rossa durch alle Karstländer, von Istrien bis Griechenland und Malta. In den tropischen Karstgebieten, z. B. in Südamerika, findet man rote Thonlager von 40 m Mächtigkeit. Das Aussehen der terra rossa erinnert an Laterit. So nennt denn auch Sapper den eisenschüssigen Thon, der als Rest bei der Auflösung des Kalksteines zurückbleibt und besonders weit in dem verkarsteten Yukatan verbreitet ist, Residuallaterit. Eine lateritähnliche Bildung sind auch die eisenhaltigen Geoden und Fäden limonitischen Ooliths, die in Vertiefungen und in den Dolinenwänden des istrischen Karstes vorkommen, ohne je die selbständige Bedeutung der terra rossa zu gewinnen.

Einer vergangenen Zeit gehört schon die Auffassung der terra rossa als submarine Vulkanasche an; sie erinnert daran, daß noch 1878 einige Dolinen der Insel Cherso als Vulkane aufgefaßt worden sind, und daß man gleichzeitig in den Karsthöhlen die Wirkung vulkanischer Erdbeben und in der Karrenerosion überhaupt einen vulkanischen Überschuß von Kohlensäure thätig sehen wollte.

Die organische Erde.

So wie das Leben allverbreitet ist, läßt auch das Leben allüberall seine Spuren und Reste. Ein dünner Überzug organischen Stoffes bedeckt die Erde auch dort, wo sie vom Leben entblößt zu sein scheint. Die dunklere oder auch nur trübere Oberflächenschicht des Schnees und Firns hat man mit Recht als die dünne Humusschicht der Gletscherregion bezeichnet. Mit demselben Recht wird man in einer genauen Beschreibung einer Hochgebirgsregion den Ausdruck „fleckenloser Schnee" beanstanden. Denn der organische Staub ist überall, auch in allen Höhen. Die ganze Erdoberfläche ist mit organischen Stoffen bedeckt, die entweder für sich allein auftreten, wie in den Torfmooren, oder mit unorganischen Stoffen in größerem oder geringerem Maße gemischt sind. Reste einstiger Lebensthätigkeit sind sie, und so gehen sie auch ununterbrochen wieder in den Lebensprozeß über. Es ist daher besonders für den Geographen ein gewaltiger Unterschied zwischen den Organismen, welche die Erdoberfläche umgestalten, und denen, die ohne auffallende Spur verschwinden. Der Schmetterling überfliegt sein Gebiet, das Raubtier durchzieht es in allen Richtungen, sie ändern es nicht wesentlich um, nur leicht verwischte Spuren zeugen von ihrer Anwesenheit. Ganz anders ist die Spur, welche die silurische Koralle gelassen hat, deren Riffe nach vielen Höhen- und Klimawechseln noch immer fest vom Boden der Ostsee heraufragen, unter den ihr eigener Fuß vielleicht ein paar Tausend Meter hinabragt. Ähnliche Spuren sind die Panzer dicht aufsitzender Muscheln, die ihren Fels gegen den Stoß der Brandung schützen. Gesteinbildend wie diese treten die Organismen auf, die den Kalkstein und Dolomit, den Kieselgur und den Thon der Termitenbauten ablagern. Und wieder weit verschieden sind die Reste des Lebens, die den Boden befähigen, immer neues Leben zu tragen, das ihre Zersetzung nährt, wie Humus, Guano, Phosphorit. Endlich könnte man negative Lebensspuren die Höhlen der Tiere, die Löcher der Bohrmuscheln nennen. Die vergänglichen Bauten so vieler Tiere, auch des Menschen, sind nicht zu vergessen.

Unter den tierischen Absonderungen, die durch ihren Gehalt an organischen Nährstoffen besonders wichtig für das Aufkommen neuen Lebens sind, spielt der Kot höherer Tiere eine große Rolle. Die Gegenwart dankt ihm die Lager des für den Ackerbau höchst wichtig gewordenen Guanos. In Höhlen der Tropen, wo seit undenkbaren Zeiten Scharen von Fledermäusen hausen, hat sich der Kot dieser Tiere zu meterhohen Lagen aufgesammelt und blieb in den lichtlosen, feuchten Räumen der Zersetzung entzogen: Fledermausguano. Auf Klippen und Inseln in trockenerem Klima hat sich der Vogelmist zu mächtigen Schichten aufgehäuft, der an den Küsten von Peru, wo er auf den Chincha-Inseln 60 m hohe Hügel bildet, in den trockenen Gegenden des zentralen Stillen Ozeans, an den Küsten von Südwestafrika und auf Inseln Westindiens abgebaut wird. Der gewöhnliche Guano ist eine krümelige bis sandige Masse, die hauptsächlich aus phosphorsaurem Kalk besteht. Es gibt aber auch Guano, der als felsenhartes, mehrere Meter mächtiges Gestein ansteht, besonders auf Koralleninseln. Den Vogelmist haben hier die Niederschläge ausgelaugt, und das einsickernde Wasser hat die Kalksteine und Sande durchdrungen und zersetzt. Man findet Drusen schöner Kristalle von phosphorsaurem Kalk in solchen Ablagerungen. Solche Bildungen sind ein Übergang zu den mächtigen Phosphoritlagern, in denen sich die Ausscheidungen vorweltlicher Tiere angesammelt haben, da darüberhingelagerte Schichten sie vor der Zersetzung bewahrten.

Humusboden.

Unter Humus verstehen wir die halb zersetzten pflanzlichen Gewebe, die unter dem Einflusse der Feuchtigkeit sich ansammeln und mit dem anorganischen Boden, auf dem das Pflanzenwachstum stattgefunden hat, die verschiedensten Vereinigungen eingehen. Die stickstoffhaltigen Bestandteile gehen in Fäulnis über, die Gewebe oxydieren sich, Kohlenstoff bleibt zurück. Je weiter die Zersetzung vor sich geht, um so mehr nimmt der Gehalt an Kohlenstoff zu. Zugleich geht die organische Struktur dabei immer mehr verloren, der reine Humus ist ein kohlenstoffreicher brauner Staub. Geht die Humusbildung unter schwachem Luft- und Wasserzutritt vor sich, wie es im Boden und unter Wasser immer geschehen wird, so bilden sich neben dem im Wasser unlösbaren Humus auch lösliche Humussäuren (Ulmin-, Humin-, Quellsäure). Die stärkste Säurebildung dieser Art findet in Mooren statt. Humus ist in hohem Grade hygroskopisch, nimmt Gase in großen Mengen auf und wirkt auf Wasser wie ein Schwamm; in den Hohlräumen des Humusbodens verschwinden 80—86 Prozent des fallenden Wassers.

Die Entstehung einer Humusdecke kann man am besten auf den Lavaströmen studieren, von denen man weiß, wann sie geflossen sind. Man kann das Einwandern und Ansiedeln zuerst der kleinen und unscheinbaren und dann immer höherer, anspruchsvollerer Pflanzen Stufe für Stufe verfolgen. Algen und Flechten streiten miteinander um den Vorrang, dann kommen Moose, darauf Lebermoose, nach diesen Farne und Bärlappgewächse. Wo sich etwas vulkanische Asche angesammelt hat, entwickeln sich gar bald Diatomaceen und andere kleine Algen. Das erklärt die Sage, daß solche Algen von den Vulkanen ausgeworfen würden. Flechten sind die ersten Pflanzen, die man auf frischer Lava mit dem bloßen Auge sieht. Aber auf Laven, die nicht älter als zehn Jahre sind, sind sie so klein und versteckt, daß man sie schwer wahrnehmen kann. Die häufigste und eigentümlichste Flechte der vesuvianischen Lava, Stereocaulon vesuvianum, wächst auf der Lava schon, wenn die Oberfläche nur das Anheften des Keimes erlaubt; fehlt der Staub der Zersetzung auf der Lava, so genügt das Vorhandensein dauernder Feuchtigkeit, um den Keim sich entwickeln zu lassen. Auf Laven von 12—15 Jahren fand man sie im Atrio del Cavallo sowohl auf glasiger, polierter als auch auf rauher Oberfläche, aber auf jener bleibt sie schwach und klein. Nur auf den noch älteren Laven wird sie ganz buschig und groß. Sie gedeiht nicht, wo die Lava durch die Einwirkung unterirdischer Gase mit weißem oder rotem aschenartigen Überzug bekleidet ist, und ist häufiger am Fuße des Berges als in den dem

Herde näher gelegenen Höhen. Auf der lockeren vulkanischen Asche Islands spielt die Flechte die Rolle des ersten Festhalters und Zusammenhalters; ihr folgen Moos und Gras. Man kann beobachten, daß, wo diese Decke einen Riß bekommt, der dem Einbrechen des Windes günstig ist, der lockere Boden in Bewegung kommt, die Decke aufgerollt wird und die Flugsandbildung beginnt. Der isländische Ackerbauer führt ununterbrochene Kämpfe gegen solche Wunden in seinem ohnehin so kargen Wiesenboden.

Der Humus ist nicht bloß ein Produkt der Lebensthätigkeit, sondern zugleich und zuerst ein mechanisches Erzeugnis. Er ist nicht bloß Wachstum, sondern auch Niederschlag, und zwar Niederschlag des Staubes aus der Luft, aus dem Wasser und dem Schnee. Das erkennt man am besten, wenn man die Verwandlung einer Schutthalde in einen Humusboden beobachtet. Die Humusdecke wächst aus und zwischen dem Schutt hervor. In den ersten Stufen ihrer Entwickelung ruht sie unter einer Decke von Stein und Erde. Man verfolge eine Pflanze des schildblätterigen Ampfers oder des rotblühenden Huflattichs, wie sie aus der Tiefe des dürren Gerölles oder scharfkantigen Schuttes, in welcher der Humus 10—20 cm unter der Oberfläche liegt, sich ans Licht drängen, und man gewinnt das Bild eines aus der Tiefe zum Lichte strebenden, zwischen und über Trümmer weg sich durchringenden Lebens. Der Erfolg der Wachstumsarbeit von Generationen ist dann die Ausfüllung der Lücken des Schuttes und das Hinauswachsen über denselben und endlich die Bildung eines grünen, mit Blumen durchwirkten Teppichs, der über alle die Kanten und Lücken des steinigen Untergrundes ausgebreitet wird und nur die größten Felsblöcke noch frei hervorschauen läßt. Ganz ähnlich ist die Bildung des humusreichen Marschbodens ein Wachsen aus dem Seegrund aufwärts: die bei hohem Wasser senkrecht emporragenden Blätter von Zostera maritima bilden Reusen, die den Schlamm auffangen und festhalten und damit den Boden schaffen, auf dem später Graswuchs aufkeimt.

So wie man jenen Teppich hier aus den Spalten der Gesteinstrümmer hervorwachsen sieht, so ist er auch in größeren Räumen von unten nach oben gewachsen. So machte in den Alpen der Rückzug des Eises erst Raum für Pflanzenwuchs, der bis dahin in die tieferen Thäler gebannt gewesen war und nun erst langsam sich ausbreitete. Man kann noch immer diesen Prozeß sich wiederholen sehen auf vom Eise verlassenem Gletscher- oder Lawinenboden. Er wird auch niemals ganz zur Ruhe kommen. Mit jeder Klimaschwankung geht auch der Humusboden zurück oder schreitet vorwärts. Weitverbreitet ist z. B. in unseren Alpen die Auffassung, daß das Weideland infolge einer Verschlechterung des Klimas in ständigem Rückgange sei; sie tritt als Sage von der durch einen Fluch in Gletscher oder Steinfeld verwandelten blühenden Alm auf, man kann sie aber auch aus der Statistik der Alpweiden und aus den Steuerlisten belegen. In großem Maße sind die Gletschervorstöße unserer Alpen nach 1815 dem Humusboden der Gebirge verderblich geworden.

Die Vernichtung des organischen Bodens von seiten des Menschen, durch Entwaldung und Steppenbrand schafft Lebensarmut selbst dort, wo die klimatischen Bedingungen dem Entwickeln und Wachsen günstig wären. Schweinfurth beschreibt die Wirkung des Feuers auf den Boden des tropischen Ostafrika, wo die Verzögerung der Zersetzung durch Feuchtigkeit und Schneedecke fehlt, der Wind die Asche des Steppenbrandes in die Thaltiefen fegt und der Laterit nackt hervortritt. Er setzt diesem Boden die Vegetation an den Ufern von Bächen und Flüssen entgegen, wo das beständig grünende Gras dem Vordringen des Feuers widersteht und im Schatten dichter Gebüsche reichliche Ablagerungen dürren Laubes verwesen. „Mehr aber als die zunehmende Imprägnierung des Bodens mit Salzen wirkt die Gewalt der Flammen unmittelbar auf die Gestaltung der Gewächse ein. Starkstämmige Bäume fangen Feuer an den abgelebten Teilen ihres Holzes und ersterben oft gänzlich, der junge Nachwuchs wird, wo die Gräser besonders dicht gestellt waren, bis auf die Wurzeln vernichtet, an anderen Orten zum Krüppel verstümmelt.

Daher der Mangel an dichten, hochstämmigen Beständen, wie in unseren Wäldern, daher die Seltenheit besonders alter und großer Bäume, daher auch wohl der unregelmäßige Wuchs fast aller Arten und das Vorherrschen des Buschwaldes, hervorgerufen durch stets neues Ausschlagen der Stammbasis und der Wurzelknospen." (Schweinfurth.)

Schnee und Firn als Humusbildner.

Wenn man das Sprichwort: „es schmilzt wie Schnee vor der Sonne" auf ein spurloses Verschwinden bezieht, ist es nicht richtig gedeutet. Schnee, der längere Zeit gelegen hat, besonders Firnflecke des Gebirges, lassen nicht bloß Feuchtigkeit hinter sich, sondern wir sehen, wenn der Schnee geschmolzen ist, einen braunen Rest von Erde. Getrocknet ist das ein dünner graulicher Überzug von Staub und verfilzten Gemengen herbstlicher Spinngewebe und organischer Fasern, hinaufgewehter Insekten und Herbstblätter aus den Wäldern naher Hänge auf den grünen Pflanzenteilen, und nicht selten lassen sich den Schmelzperioden entsprechende konzentrische Schichten dieser Ablagerungen auf einem Abhange verfolgen. In den Winkeln der Pflanzenblätter, besonders der Arnica, bleibt feiner Staub als Rest der Schneedecke liegen, die einst darüberlag, nun aber weggegangen ist. An den Rändern schmelzender Firnflecke sieht man dunkeln Schlamm sich manchmal in Häufchen ausscheiden, die an die zusammengeballten Schlammexkremente von Regenwürmern erinnern. An der schön muschelig geformten Unterseite von „Firnbrücken", die sich als Reste von Lawinen über Hochgebirgsbäche wölben, bildet der vom Schmelzwasser von obenher durchgeführte Staub einen feinen Netzbezug. Sind staubtragende Winde über frischen Schnee hingegangen, so zeigt sich der Staub auch ohne Abschmelzung. Der Schneewanderer sieht dann jeden Fußstapfen rötlich oder grau umrandet. Es genügt zu einer derartigen schwachen Decke ein einziger Sturm. Ein Beobachter aus dem Erzgebirge schrieb mir 1889: „Der Februarsturm hat den heurigen Schnee zum echten Humusträger umgebildet." Jedenfalls bringen auch unter gewöhnlichen Umständen die Schneeflocken schon aus der nie ganz staubfreien Luft Staub mit herab. Ich habe Spuren von organischen Beimengungen schon in zwei Wochen altem Schnee auf dem Wendelstein in 1750 m Höhe gefunden.

Dem Bauernsprichwort „Der Schnee düngt" liegen also richtige Beobachtungen zu Grunde. Die langen, blassen Keime, die in großer Zahl den Boden durchkriechen, wo eben Firn weggegangen ist, sind beredt; nicht minder das lange dichte „Lahnergras" an den Stellen, wo Firnflecke bis in den Sommer liegen. Wächst nicht im Schatten von Felsblöcken und Felsriffen, besonders an der Unterseite derselben, das üppigste Grün, das man auf älteren Schutthalden finden mag? Wahre Gärten von rosenrot blühendem Lauch und goldgelbem Sedum ergrünen selbst auf kahlen Karrenfeldern oasenhaft an solchen Stellen, wo ringsumher kärgliche Gras- und graue Ampferbüsche nur ein elendes Fortkommen haben. Das ist wiederum die Wirkung des durchfeuchtenden und zugleich düngenden Schnees; die Betrachtung des Schnees und Firns im zweiten Bande dieses Werkes wird uns auf diese Wirkungen und ihre Bedeutung für die Verbreitung des Lebens zurückführen.

Die Befestigung der Erde durch Pflanzen.

Der Pflanzenwuchs wirkt in erster Linie mechanisch auf den Boden; er hält ihn zusammen und legt sich zwischen ihn und die Atmosphäre oder das Wasser. Flechten bilden Decken über leicht zerfallendem Gestein. Lebermoose sind durch ihre breite, und feste blattartige Auflagerung sehr geeignet zum Schutze des Bodens. Selbst auf Laubmoos und Tannennadeln breiten

sie sich aus und hängen durch ein Flechtnetz von Saugwurzeln fest mit ihrer Unterlage zusammen. Algen lassen rinnendes Wasser leicht über eine Unterlage weggleiten, ohne daß es den Boden berührt. Gräser und Kräuter senken ihre äußersten Würzelchen in die Erde, und es entsteht eine widerstandskräftige Vereinigung von Pflanzenfasern und Erde. Es kann darin freilich die Pflanzenfaser schwach vertreten sein, wie z. B. in den Pflanzendecken, die sich über schwer zersetzliche Steine ziehen wie Flechten über Felsen. Der Grad der beiden Arten von Zusammenhang entscheidet darüber, ob die Humusdecke nach außen und nach unten sich fest erweist. Wo der Zusammenhang mit dem Boden aufhört, da wird das Erdreich lockerer, zerfallbarer, und oft sieht man es unter der Pflanzendecke abrutschen und abrollen, so daß diese eine Strecke weit frei hinausragt.

Der Rasen hat als besonders geartete, in sich zusammenhängende Deckschicht zu gelten, die sich den Angriffen auf das unterliegende Erdreich widersetzt, solange sie zusammenhängt. Ihre Zerstörung ist also die Vorbedingung jedes Eingriffes in den Zusammenhang des Bodens. Dieser schützenden Wirksamkeit thut die aus dem inneren Zusammenhang hervorgehende Eigenschaft der stückweisen Loslösung Eintrag. Der Untergrund wird abgespült und sinkt ein, worauf der Rasen in größeren Stücken nachsinkt und abbricht. Daher seine Zerfällung in eine Anzahl stufenförmig übereinander aufsteigender Stücke an steilen Hängen, daher auch sein scharfes Abbrechen am Rande steiler Abhänge, über den er oft als freie Platte noch hinausreicht. Die Entrasung ist oft verderblicher als die Entwaldung.

Der überragende Pflanzenboden bedeutet auch für die Schuttansammlungen eine schützende Decke, freilich nur von beschränkter Dauer. Dieselbe bedarf selbst des Schutzes gegen das Abbröckeln und zeigt sich daher am wirksamsten dort, wo sie durch die Wurzeln eines Baumes auch ihrerseits Schutz erfährt. Der horizontale Umriß der über eine Geröllbank gelegten Rasendecke erleidet überall Ausbuchtungen, wo Wurzeln der Bäume oder Sträucher sie festhalten. Durchdringt aber das einsickernde Wasser das Pflanzengeflecht, dann wird der Kitt des Gerölles unmittelbar unter dem Pflanzenboden aufgelöst, und die schirmartig vorragende Rasendecke verliert den Halt. Energischer noch wirkt die Pflanzendecke nach Art der Decksteine auf Erdpyramiden (s. unten, S. 552 u. f.), wo sie die von ihr überragte Geröllwand vor dem unmittelbar auffallenden Regen schützt und dem abfließenden Regen Wege weist.

Merkwürdige Beispiele, wie der Rasen von untenher angegriffen wird, sieht man in flachen Einsenkungen, auf deren Boden das frischere, hellere Grün einer üppigen Huflattichvegetation ein reicheres Maß von Feuchtigkeit anzeigt; letztere hat durch Unterspülung den Rasen in Stufen abbrechen lassen, deren Rückwand immer eingebogen ist, während man oft Stückchen herabgebrochenen Rasens an ihrem Fuße liegen sieht. Kreisförmige Einsenkungen, auf deren Grunde ein Stückchen Rasen den einst vorhanden gewesenen Zusammenhang noch andeutet, lehren, wie auch noch in anderer Form die Erosion von unten her sich zur Geltung bringt. Solche Rinnen mit Stufenabbrüchen kommen öfters parallel nebeneinander an felsigen Rasenabhängen vor. Bei Wasserüberfluß benutzt sie das abfließende Wasser als zeitweiliges Rinnsal. Das häufige Vorkommen größerer Steinblöcke am Fuß solcher Stufen zeigt, wie das Wasser und seine Spülwirkung durch Hindernisse konzentriert wird. (Vgl. über diesen Prozeß S. 555 u. 556).

Wald und Humusdecke hängen voneinander ab. Im Schatten und Schutze der Bäume und festgehalten durch ihre Wurzeln erhält sich und wächst der Humusboden. In der vertikalen Verbreitung sehen wir den zusammenhängenden Humusboden ungefähr ebensoweit hinaufreichen wie den Wald. Nur vermag dieser auf einzelnen Felsriffen noch geschlossen dort aufzutreten, wo der Humus sich schon in Spalten und Klüften nur mühsam erhält. Einzelne Flecken Humusboden gehen über die Baumgrenze hinaus. Aber der Schutt gewinnt die Oberherrschaft leichter, wo kein Wald ist. Nur ausnahmsweise greifen Schutthalden auf waldbedeckten Boden über. Ihr Herrschaftsgebiet liegt im allgemeinen jenseit der Waldgrenzen. Natürlich reichen auch einmal Schutthalden tiefer herab; aber in der Regel zum Schaden des Waldes. Sind sie auch am Fuße schon bewaldet, dann ragen doch ihre Kämme kahl heraus, sei es, daß die Bäume dort nicht genug Feuchtigkeit finden oder durch nachrollenden Schutt getötet werden. In der

kleinen Thalweitung des Hallthales bei Hall am Inn tritt oasenhaft eine schöne Buchenvegetation auf, an welche auf der großen Schutthalde des Ustertahles unmittelbar ein Latschendickicht heranzieht. Die Schutthalde ist es, die den Pflanzenwuchs des Hochgebirges so tief ins Thal herabträgt. Die Betrachtung der Bildung der Humusdecke hat uns (s. oben, S. 507) gezeigt, wie der Wald sogar durch eine Art von Fernwirkung Stoff für die Humusbildung liefert.

Wie ein sehr niedriger, aber sehr dichter Wald wirkt die Heide mit ihren Zwergsträuchern und ihrem Reichtume schwer verweslicher Blätter bodenbildend und bodenbefestigend. Es ist wichtig, daß die ausgesprochensten Heidesträucher, die Erikaceen, von Nordgrönland bis in die Gebirge der Tropen verbreitet sind und besonders dicht sandige Bodenwellen in der Nähe des Meeres besetzen.

Torf und Moor.

Der Torf entsteht durch Vermodern von Pflanzenteilen in stehendem oder sehr langsam fließendem Wasser. Wurzeln, Stengel, Zweige, Blätter, Halme bilden ein lockerer oder dichter verfilztes und verwebtes Ganze, in dem andere organische und unorganische Bestandteile eingeschlossen sind. Wenn einer reichen Vegetation eine übermäßige Menge von Wasser zugeführt wird, so daß die Sonne es gar nicht mehr auszutrocknen vermag, entziehen sich die Abfälle der Vegetation in der Umhüllung des Wassers oder des Sumpfes, die beide mit Pflanzensäuren geschwängert sind, der Zersetzung: es entstehen Sümpfe, Torfmoore, Tundren und ähnliche Gebilde. Carex rostrata und Molinia coerulea vermögen in wenigen Jahrzehnten eine Torfschicht von 20—30 cm zu bilden. Im Laufe seiner Bildung wird der Torf durch Zersetzung und Druck immer dichter und kohlenstoffhaltiger, dabei geht seine Farbe von lichterem Braun ins Pechschwarze über. Trocken ist der Torf gewöhnlich leichter als Wasser; er saugt schwammartig Wasser an. Während der Kohlenstoffgehalt des Torfes auf weniger als 50 Prozent sinken kann und wenig über 60 steigt, beträgt die Asche oft ein Drittel.

Der Vermoorungsprozeß verlangt mittlere und niedere Temperaturen, weshalb Torfbildung im tropischen Klima nicht möglich ist. Der von Schauinsland auf der pacifischen Insel Laysan (25°46′ nördl. Breite) gefundene Torf dürfte der tropennaheste sein. Auch unsere deutschen Moore sind zum Teil unter anderen Bedingungen als die von heute gebildet worden. Als die Moore entstanden, die heute in Rügen hart über der Küste liegen oder untergetaucht sind, muß Phragmites communis häufiger als jetzt gewesen sein. Vom Vorkommen arktischer Moose in ostpreußischen Mooren haben wir oben, S. 398, gesprochen, als wir die Torfküsten erwähnten. Die Vermoorung ist als ein Schritt auf die natürliche Trockenlegung feuchter Gebiete von besonderem Werte. Zahlreiche Moore sind trocken gewordene Seen oder Sümpfe. Da aber die gewöhnliche Moosmoorbildung nicht in oder unter dem Wasser stattfindet, daher nie einen See unmittelbar überwächst, muß die Vorbereitung von der unter dem Wasser anhebenden Schilfvegetation ausgehen, die zur Grasmoorbildung führt; erst wenn diese über den Grundwasserspiegel hinausgediehen und der Wirkung der moorfeindlichen Kalke entzogen sind, beginnt das Wachstum des Moosmoores. Zeichen von Bodenschwankungen, die den Moorboden bald trocken legten und bald versenkten, sind sehr häufig. Die norddeutschen Hochmoore bestehen in der Regel in den untersten Schichten aus Sumpftorf, der aus Schilf oder Seggen gebildet ist, darüber folgt Waldtorf, dann Moostorf, darauf Heide- und Waldtorf, endlich der noch heute fortwachsende Moostorf. Man kann annehmen, daß die Moostorfschichten einer Periode der Senkung, die Waldtorfschichten der Hebung entsprechen.

Kälte und Schneebedeckung im Winter, Feuchtigkeit im Sommer hindern in den Polarländern die rasche Zersetzung organischer Reste und erzeugen trotz der spärlichen Vegetation mit der Zeit torfartige Ablagerungen. An vielen arktischen Pflanzen bleiben die Blätter nach dem Verwelken mehrere Jahre hängen, und sie haben alle weit ausgedehnte Wurzelgeflechte. In diesen, die wie ein Sieb Erde auffangen, wachsen eigentlich die Pflanzen. Diese Torfbildung geht nicht in feuchten Vertiefungen und Sümpfen, sondern auf Hügeln vor sich. Die wichtigsten Torfbildner sind hier heideartige Sträucher, besonders Empetrum. Sie erzeugen einen dichten Torf von beträchtlicher Heizkraft. Weniger Wert wird dem grönländischen „Moostorf" beigelegt, der auf den niedrigen Außeninseln verbreitet ist. Auf der Torfinsel von Egedesminde (gegen 69° nördl. Breite) findet man ihn ²/₃ m mächtig. Auf Spitzbergen hat Torell (in der Branntweinbucht) ¹/₃ m mächtige echte Torflager mit einer dichten Decke von Hypnum uncinatum und Aulacomnium turgidum gefunden.

Das Treibholz.

Bäume, die von Flüssen aus den Ländern herausgeführt werden, treiben im Meere und werden endlich an irgend eine Küste geworfen. Dort liegen sie als Treibholz, das an begünstigten Stellen sich zu großen übereinandergehäuften Massen sammelt, dem in Nordsibirien der guterfundene Name Noahsholz beigelegt worden ist. Es besteht meist aus Stämmen von Nadelhölzern, doch sind in Hall-Land auch Walnußstämme gefunden worden. Wo in den Polargebieten Treibholz vorkommt, da ist es nicht nur massenhaft, sondern besteht auch aus großen Stämmen, die von weit jenseit der Waldgrenze herstammen müssen. Greelys Expedition fand einen Nadelholzstamm in Grinnell-Land von 10 m Länge und 80 cm Umfang gerade über der Flutgrenze. Ein Stück Fichtenholz von 1 m Länge fand man in der Erde eingefroren, 50 m über dem Meere, Greely selbst entdeckte zwei fast ganz in die Erde vergrabene Nadelholzstämme von 3 und 2 m Länge am Hazensee in Grinnell-Land, 12—17 km vom Meere und 100 m über dem Meeresspiegel. Solche Funde, wie sie auch in anderen arktischen Gebieten gemacht worden sind, deuten auf Küstenhebungen in einer Zeit, die noch nicht weit zurückliegen kann (vgl. auch oben, S. 218). Über die Beziehung der Treibholzlager zu den arktischen Strömungen werden wir im zweiten Bande zu sprechen haben.

Für das Leben der hyperboreischen Völker ist das Treibholz von großer Wichtigkeit; ein Teil ihres Gedeihens hängt davon ab. Gleich sieht man es ihren Hütten, Waffen und Geräten an, ob sie viel davon haben oder nicht. Ein unberührtes Treibholzlager an grönländischer oder nordamerikanischer Polarküste ist ein sicheres Zeichen, daß die Gegend menschenleer ist. Da das Treibholz sehr ungleich vorkommt, und da es sich am häufigsten dort ablagert, wo Küsteninseln oder Klippenreihen die Berührung zwischen Land und Meer vervielfältigen, entsteht eine neue Beziehung zwischen den Küstenformen und der Verbreitung der Menschen in diesen Gebieten, die eben durch Treibholz vermittelt ist.

VI. Verwitterung und Erosion.

Inhalt: Die Verwitterung. — Tiefe Zersetzung. Rapakiwi und ähnliche Gesteine. — Felsenmauern und Felsenmeere. — Steinfall und Bergstürze. — Lawinenschutt. — Gletscherschutt. — Was ist und wie arbeitet Erosion? — Auflösung. — Spülformen, Rinnen und Schratten. — Das Karrenfeld. — Karst. — Die Entstehung der Karrenfelder. — Die Karrenlandschaft. — Höhlen und Strudellöcher. — Die kleine Erosion. — Die Summierung kleiner Kräfte in der Erosion. — Die Abtragung.

Die Verwitterung.

Das Verhalten der Gesteine der Luft und dem Wasser gegenüber ist für den Geographen noch wichtiger als ihre Entstehung und Zusammensetzung. Denn darauf beruht die Umbildung und Neubildung der Formen der Erdoberfläche, deren Anfang immer die Verwitterung ist. Die Verwitterung zeigt schon im Namen ihre Ursache an. Das Wetter: Frost und Hitze, Feuchtigkeit, Trockenheit und Wind, arbeiten alle kräftig an der Zersprengung, Auflösung und Forttragung der Felsen. Auch der Blitz sei nicht vergessen; Blitzröhren und durch Blitz zersprengte Felsen sind auf manchen Berggipfeln häufig. Doch kommt der Zerstörung aus dem Inneren der Gesteine deren eigne Neigung zum Zerfall entgegen, die oft vollkommen rätselhaft, aber in jedem Gestein wirksam ist. „Die Felsen zerrieb sie zu Kieselstein, die Kiesel zerrieb sie zu Sand", singt Scheffel von des Wassers Kraft; aber die Vorbedingung dieses Zerreibens ist die Ungleichheit des inneren Zusammenhanges. Sogenannte kugelförmige Absonderung kommt oft überraschend im dichtesten Gestein zur Erscheinung, wenn die Zersetzung des Gesteines schon tiefer eingegriffen hat; in Granit, in Basalt, in Sandstein, besonders in Wüstensandsteinen, tritt sie ganz gleichartig ein, ohne daß diese Gesteine im unzersetzten Zustand die Anlage zu dieser Zersetzung erkennen ließen. So sieht man von Phonolithkuppen die Gesteinslagen sich wie Zwiebelschalen ablösen (vgl. die Abbildung, S. 467), auch wenn die Zersetzung noch nicht weit fortgeschritten ist, und große Basaltmassen zerfallen ohne jeglichen Eingriff in Felsenmeere, die aus lauter sechseckigen Säulen bestehen.

Je leichter Luft und Wasser Zutritt finden, desto schleuniger ist der Verfall; je dichter ein Gestein ist, desto länger bewahrt es seinen Zusammenhang und seine Frische. Spaltenreiche Schiefer gehen rasch zu Grunde, besonders wenn ihre Schichten so einfallen, daß sie dem Wasser bequeme Wege öffnen. Kalkhaltige Gesteine sind der Auflösung ausgesetzt und werden außerdem durch Frost zersprengt. Bei Gesteinen von sehr ungleicher Zusammensetzung sieht man die weicheren Bestandteile herauswittern, wodurch dann die härteren ihren Zusammenhang und ihre Stütze verlieren. So wittern im Granit von grobem Gefüge die Feldspate heraus. Zu

den widerstandsfähigsten Gesteinen gehören die vulkanischen Massengesteine von felsenhafter Mächtigkeit. Aber das Mikroskop hat uns selbst in diesen innere Ursachen des Zerfalles kennen gelehrt, in denen wohl auch der Grund für die große Verschiedenheit der Verwitterbarkeit zu suchen ist: scheinbar feste Gesteine sind von einem Netz feinster Haarspalten durchzogen, in denen Wasser zirkuliert. Einige davon sind ganz unregelmäßig, andere hängen deutlich mit Spannungen und Pressungen zusammen, denen das Gestein ausgesetzt war. In der Geschichte der Gesteine bedeuten diese Spalten Stellen geringeren Widerstandes, an denen ebensowohl Verwerfungen sich ereignen als Wasser- und Eiserosion einsetzen konnten. Nur diese Spalten erklären das tiefe Eindringen des Wassers in Gesteine, die in Ländern feuchtwarmen Klimas bis zur Tiefe von hundert Metern im Inneren zersetzt sind, wenn auch außen ihre Form noch zusammenhält. In diesen Spalten liegt die Erklärung für die Zerklüftbarkeit der Gesteine und für ihren Zerfall in Bruchstücke von bestimmter Größe und Gestalt.

Die Verwitterung schreitet am raschesten voran bei Gesteinen, die viel Thon, Chlorit, Talk, Glimmer oder Hornblende enthalten. Auch die Beimengung von Schwefeleisen und Kupferkies fördert die Verwitterung. Am meisten Widerstand setzen kieselsäurereiche Gesteine entgegen. So erhalten wir von den verbreitetsten Gesteinen ihrer Verwitterbarkeit nach folgende Reihe: Thonschiefer, Flysch; Verrucano; Rauchwacke, Mergelkalk; Serpentin (Serpentin ist scheinbar ein dichtes, ursprüngliches Gestein, in Wirklichkeit ein weiches Erzeugnis der Zersetzung der Hornblende), Glimmerschiefer; Kalkstein, Dolomit, beide besonders in Wechsellagerung mit Thon; kristallinischer Kalk, Gabbro, Porphyr, Diorit; Protogyn, Granit, Syenit; Quarzit, Kieselschiefer, Hornstein, Feuerstein; diese sind am widerstandsfähigsten. Von der Zusammensetzung hängt nicht bloß der Gang, sondern auch das Ergebnis der Verwitterung ab.

Nur in inneren Unterschieden der Varietäten der Granite des Böhmer Waldes, des Plöckensteingranits und eines mehr porphyrartigen Granits, finden die gerundeten Blöcke des einen Gipfels und die kantigen Mauern und Pfeiler des anderen ihre Erklärung. Für die Landschaftsformen ist die Größe und Gleichmäßigkeit des Verwitterungsschuttes von der größten Bedeutung. Die große Gleichmäßigkeit der Bruchstücke des Karwendelschuttes ist eine bekannte Thatsache. Sie liegt in dem Vorwalten des Wettersteinkalkes, von dem Gremblich sagt: „Die einzelnen (Stücke), besonders die größeren, sind in der Regel würfelförmig, mit fast rechtwinkeligen Kanten, denen gewöhnlich nur die Schärfe benommen ist.“ Wie die Lagerungsweise dieses Schuttes von der Größe seiner Bruchstücke abhängt, haben wir bereits gesehen (vgl. oben, S. 477). Ein Unterschied der Zusammensetzung, der sich besonders stark ausprägt, ist der zwischen basischen, eisenreichen und sauren (kieselsäurereichen), eisenarmen Vulkangesteinen. Jene sind wegen ihres Eisenreichtums schwerer und von Farbe dunkler, diese sind leichter und heller: weiß, gelblich, graulich gefärbt. So sind denn auch die Verwitterungserzeugnisse jener Gesteine gelbe bis rote Thone, die Verwitterungsprodukte dieser helle Kaoline.

Die Zertrümmerung der Gesteine durch Ausdehnung und Zusammenziehung beim Wechsel von Wärme und Kälte ist besonders dort wirksam, wo die Felsen bloßliegen und die Temperaturen sich sprungweise verändern. Der kahle Steppenboden zerreißt beim Gefrieren, und nackte Wüstenfelsen zerspringen, indem sie plötzlich erwärmt werden. In Hochgebirgen und Wüsten sind gewaltige Schuttmassen das Ergebnis dieser Verwitterung durch Temperaturwechsel. Nicht auf die jährlichen Wärmeschwankungen kommt es dabei an, sondern auf die Wärmeunterschiede zwischen Tag und Nacht, die bis einen halben Meter tief unter die Oberfläche dringen. Daß der Frost an sich für die Verwitterung entbehrt werden kann, lehren die großartigen Felsenformen in frostfreien Höhen der hawaïschen Inseln. Nicht etwa in Nordasien oder im arktischen Nordamerika finden wir die größte Verwitterung durch Temperaturschwankungen, sondern in Wüsten und Felsengebirgen bis in die Tropen hinein. Bei einer Tageserwärmung bis auf 70°

an der Oberfläche dunkler Steine, der eine nächtliche Abkühlung auf 20—25° folgt, beträgt der tägliche Temperaturunterschied an den Felsen in Wüsten und Steppenländern 45—50°, im Frühling und Herbst wohl noch mehr. Ihr Zerfall geht dem entsprechend noch viel rascher vor sich als der der Hochgebirgsgesteine. In den Alpen treten die meisten Einzelfröste bei 1500 m auf. Hier dürfte also in dieser Höhe die Oberflächenverwitterung am größten sein.

Die Ausdehnungskoeffizienten, die, linear berechnet, in Millionstel durchschnittlich 10,2 bei Sandstein, 9,5 bei Schiefer, 9,3 bei Marmor, 9,0 bei Granit betragen, und die Wärmeleitungsfähigkeit der Gesteine, vor allem aber ihre Struktur, kommen den zerstörenden Einflüssen mehr oder weniger entgegen. Daß es noch andere solcher Faktoren gibt, die wir nicht so leicht beurteilen können, lehren z. B. die Beobachtungen von Scoresby in Spitzbergen, bei denen sich ergab, daß gerade das den größten Teil des Jahres vom Schnee bedeckte Gestein in zahlreiche eckige Bruchstücke zerfallen ist. Ähnliches sah Darwin in den hochgelegenen Steinfeldern der chilenischen Anden, die an die mit scharfkantigen Steinen bedeckten Hochflächen, die „Steintundren" der Lappen, erinnern. Solche Beobachtungen sind überraschend, weil man in der Schneedecke einen Schutz gegen die zersetzenden schroffen Temperaturunterschiede erwartet. Ist aber nicht anzunehmen, daß der Gegensatz zwischen den durch die Schneebedeckung geschützten und den frei ausstrahlenden Steinstücken diese Zerstörung bewirkt?

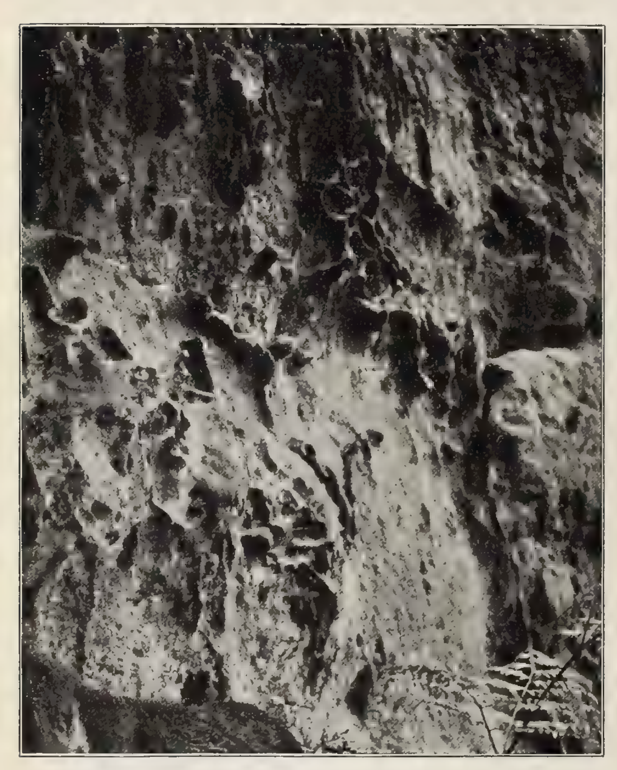
Wahrscheinlich gehören in dieses Kapitel des verwitternden Zerfalles an Ort und Stelle auch jene „Steinströme" der Falklandsinseln, wo der Boden ganzer Thäler mit Quarztrümmern beladen ist. Die Blöcke wechseln zwischen der Größe eines Mannesrumpfes und dem Zehn- bis Zwanzigfachen dieser Größe. Ihre Ränder sehen nicht aus, als seien sie vom Wasser abgerundet, sondern sie sind nur stumpf. Man hört das Wasser der Bäche tief unter ihnen rieseln. Das Gefälle dieser Ablagerung ist gering, ihre Breite beträgt bei einigen mehr als 1 km. Es ist schwer, anzunehmen, daß sie bei dem heutigen Zustande der Inseln von weither transportiert worden sein sollten; sie machen vielmehr den Eindruck, als seien sie der letzte, widerstandsfähigste Rest einer größeren Gesteinsmasse, in welcher der Quarz vielleicht selbst nur ein Gang war. Jedenfalls sind sie wie jene Steinfelder eine ältere Bildung, die vielleicht auch andere Klimate als das heutige gesehen hat.

Da das Wasser bei +4° am dichtesten ist, dehnt es sich sowohl bei Erwärmung über diesen Grad als bei Abkühlung unter denselben aus. Nehmen wir sein Volumen bei +4° zu 1,000,000 an, so steigt es bei 0° auf 1,000,122, bei +8° auf 1,000,118. Vermöge dieser Eigenschaft geben 1000 Teile Eis beim Schmelzen 910 Teile flüssiges Wasser, das Eis *schwimmt* auf dem Wasser, und Grundeis steigt vom Boden empor. Diese Ausdehnung des Wassers wird besonders in der *Frostverwitterung* der Gesteine wirksam. Es dringt in kleinsten Teilchen in die feinen Spalten der Gesteine ein, sprengt ihren Zusammenhang, lockert sie und bereitet ihren Zerfall vor: in den Polargebieten und in den kalten gemäßigten Zonen, wo sehr oft die Temperaturen um den Gefrierpunkt schwanken, sowie in Gebirgshöhen, wo dies im Sommer fast allnächtlich geschieht, ist diese Art von Verwitterung besonders wirksam. Für den Betrag ihrer Arbeit gibt vielleicht folgende Thatsache einen Anhalt: obgleich vermutlich in der Eiszeit die Gletscher allen Schutt weggeführt hatten, ist in den arktischen Ländern der Gehängeschutt noch weit verbreitet; diesen neuen Schutt kann nur die Frostverwitterung geliefert haben.

Die Untersuchungen von Blümke und Finsterwalder lassen erkennen, daß die Frostwirkung gleich von Anfang an einen merklichen Materialverlust der Gesteine herbeiführt, bestehend in der Ablösung mikroskopisch feinen Staubes; dieser Verlust wiederholt sich bei jedem erneuten Gefrieren. Er ist stärker bei Sandsteinen und Kalksteinen als bei Marmor und Granit, doch ist er in jedem Falle wägbar. Finsterwalder berechnete, daß eine Granitwand von 1 Hektar bei 300maligem Gefrieren im Jahr so viel Staub liefere, daß man damit eine Fläche von 5 Hektar schwarz färben könne. Da am Grunde des Gletschers bei jeder Verringerung des Druckes Gefrieren, bei jeder Verstärkung Auftauen eintritt, ist hier ein

Anlaß zu immer weiter gehender Zersetzung der Gesteine, die den Gletscher einfassen, gegeben. Wir werden auf die Erosionsarbeit der Gletscher im 2. Bande zurückkommen, möchten an dieser Stelle nur noch bemerken, daß der Gletscher nicht bloß die Verwitterung begünstigt, indem er Staub und Sand schafft, sondern unter Umständen auch größere Bruchstücke absprengt oder wenigstens lockert. Man hat beobachtet, daß Alpengletscher 1 cbm große Brocken schieferigen Gesteines losrissen und forttrugen.

Dichte Gesteine von gleichförmiger Masse zersetzen sich in unserem Klima bei leichterem, aber häufigem Wechsel von Frost, Wärme und Befeuchtung durch Zerbröckelung und Abschuppung langsam, aber gründlich. Man hat die Erfahrung gemacht, daß freistehende Marmorbildwerke in 10—15 Jahren durch unmerkliches Abbröckeln kleinster Teile bis zu 1 mm durchschnittlich verlieren, wobei die glatte Oberfläche körnelig wird. Schweinfurth beobachtete in der ägyptischen Wüste, wie sich von Gesteinen Blättchen von Schreibpapierdicke ablösten, auf deren Rückseite die Salzkriställchen hafteten, durch die sie losgesprengt worden waren. Die Beobachtungen Licopolis zeigen an frischen Laven des Vesuvs nach 4—5 Jahren eine beginnende Körnelung ihrer Oberfläche, wobei der staubbeladene Wind nicht ohne Wirkung sein mag. Zur selben Zeit finden sich angewehte Diatomaceen. Dann folgen frühestens im siebenten Jahre Flechten, die oft an glatten Wänden, mit Vorliebe aber in Spalten und Schrunden sich ansiedeln. Am häufigsten und charakteristischsten ist unter ihnen das weißliche Stereocaulon Vesuvianum, das sich übrigens auch am Ätna findet. Gleichzeitig, aber selten, treten Moose auf. Im allgemeinen werden nach 20 Jahren die Phasen der beginnenden Vegetation durchgemacht sein.



Wabenartige Struktur des Quadersandsteins. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 515 und 521.

Über das Zersprengen der Wüstengesteine durch Sonnenwärme erzählt aus der ägyptischen Wüste Oskar Fraas: „Es war in der Frühe, kurz nach Sonnenaufgang, als die Sonne anfing, ihren Einfluß auf den Boden geltend zu machen, daß ich an einem hart vor meinen Füßen liegenden Feuerstein eine halbzöllige kreisrunde Schale ausspringen sah und einen entsprechenden Ton dabei hörte." Durch solches Abspringen entstehen je nach der Struktur des Gesteines nicht bloß Plättchen, sondern auch dicke Platten, bei Gneisblöcken sogar quer zur Schichtung. Dove hat auf einen beachtenswerten Nebenumstand bei diesem Prozeß hingewiesen: die Erhitzung enger Schluchten tagsüber und das nächtliche Hineinsinken kalter Luft, wodurch Temperaturunterschiede von 24° entstehen. Er glaubt, daß ebendeshalb bei der Entstehung tiefer Schluchtenthäler in unseren südwestafrikanischen Gebirgen der Zerklüftung durch Temperatursprünge ein besonders großer Anteil beizumessen sei.

Verwitterung und Zersetzung bahnen dem Wasser immer tiefere und verzweigtere Wege in die Erde hinein. Sobald nun das Wasser eindringt, gehen auch chemische Veränderungen vor sich, die den Zerfall beschleunigen. Das Wasser tritt mit Kohlensäure beladen bis in die letzten Spalten ein. Dadurch verlieren die Gesteine ihre löslichen Salze ganz oder größtenteils, ebenso einen Teil ihrer Kieselsäure; dafür nehmen Thonerde, Eisenoxyd, Wasser und organische Stoffe verhältnismäßig zu. Es ist lehrreich, zu sehen, wie zuletzt im Basaltthon als unverwitterte letzte Kerne die Basaltwacken liegen bleiben. Wird der Thon fortgeführt, so bleibt bei dem tiefdringenden Zerfall kristallinischer Gesteine in den Tropen endlich nur der Quarz übrig. Die ungeheuere Verbreitung der Quarzsande auf der Erde hängt mit dieser Beständigkeit zusammen.



Ein Erosionsturm aus dem Bergell (Val Bregaglia). Nach Photographie von A. von Rydzewski. Vgl. Text, S. 517.

In Wüsten und Steppen, wo fast nur die mechanische Verwitterung wirksam ist, findet nur im Schatten großer Felsen die chemische Verwitterung unter Beihilfe des Wassers statt, ebenso in der feuchten Tiefe der Dünen und in den wasserhaltenden Thonlagern. Dagegen geht eine noch nicht völlig erklärte Veränderung an der glatten Oberfläche von Wüstengesteinen insofern vor sich, als sie sich mit einer harten, glänzenden, dunkeln Kruste überziehen. Einer ähnlichen Schalenbildung begegnet man auch in anderen Zonen; vielleicht findet sie unter der Mitwirkung der Luft statt, indem sich an der Oberfläche von Gesteinen, die sich in Zersetzung befinden, eine härtere Kruste bildet, welche die Herauswitterung der tieferen Teile überdauert (vgl. oben, S. 492). So entstehen tiefe Aushöhlungen, Wabenformen (s. die Abbildung, S. 514), Sackformen; das letzte Ergebnis sind phantastische Steinschalen und Steinskelette, aus denen das letzte Sandkörnchen herausgeblasen ist.

Ist die Verwitterung eine klimatische Erscheinung, dann zeigen auch ihre Ergebnisse klimatische Einflüsse in ihrer geographischen Verbreitung. Das kontinentale Klima begünstigt durch seinen Gegensatz von Frost und Hitze die Zersprengung der Felsen, das feuchte Klima befördert ihre Zersetzung und Auflösung. Im trockenen Klima kann nur der Wind die Fortschaffung der zersetzten Stoffe übernehmen, im feuchten besorgt Wasser oder Eis den Transport. Die ebenfalls klimatisch bedingte, d. h. von der Wärme und Feuchtigkeit abhängige Vegetation schützt zwar die meist tief hinab verwitterten Gesteine vor der Abtragung, befördert aber gleichzeitig die Verwitterung durch ihre in das Gestein eindringenden Wurzeln und die auflösenden Erzeugnisse der organischen Zersetzung, besonders die höchst wirksame Kohlensäure. Daher grundverschiedene Bilder der Zerstörung. In einem regenarmen und zugleich nur spärlich mit Pflanzenwuchs bedeckten Lande zerbrechen die Felsen nur, die Zersetzung schreitet scheinbar nicht weiter fort, die scharfkantigen Blöcke liegen nackt umher, keine Erde, kein Pflanzenwuchs bedeckt sie. So entstehen Felsen- und Steinlandschaften von furchtbarer Rauheit. Nur die Winderosion (s. S. 491) glättet hier einigermaßen die Kanten. Zugleich speichert der Schutt solcher Länder eine Masse löslicher Bestandteile auf, welche die überraschende Fruchtbarkeit mancher Steppe bei künstlicher Bewässerung bewirken.



Ein Lavablock auf Stromboli. Nach Photographie von C. Du Bois-Reymond. Vgl. Text, S. 517.

Anderseits ist dieselbe Trockenheit, wo sie mit nur schwachen Temperaturunterschieden verbunden ist, der Erhaltung von Gesteinen günstig. Hierin liegt das Geheimnis der Erhaltung der ägyptischen Bauwerke und Denkmäler, welche die ursprüngliche Schärfe ihrer Kanten und Einmeißelungen Jahrtausende hindurch unversehrt bewahrten. Die in Ägypten

prächtig erhaltene „Nadel der Kleopatra" verwitterte aber auf ihrem neuen Standplatze in New York alsbald so, daß nach wenig Jahren die Hieroglyphen unleserlich geworden waren.

Im feuchten Klima durchweicht der ganze Boden und verliert seine löslichen Teile. Bei einem Übermaß von Niederschlägen sind in den Tropen Granite bis 100 m und noch tiefer zersetzt, weil von der schwammartig mit Feuchtigkeit gesättigten und vegetationsreichen Erde kohlensäurebeladenes Wasser in Menge und ununterbrochen in die Tiefe dringt. Das Monsunklima mit seinen Sommerregen ist solcher Zersetzung auch außerhalb der Tropen günstig. E. von Cholnoky sah an der Bai von Liaotung Granit, der so verwittert ist, daß die Bäche in ihn ebenso tiefe Schluchten eingeschnitten haben wie in den Löß selbst.

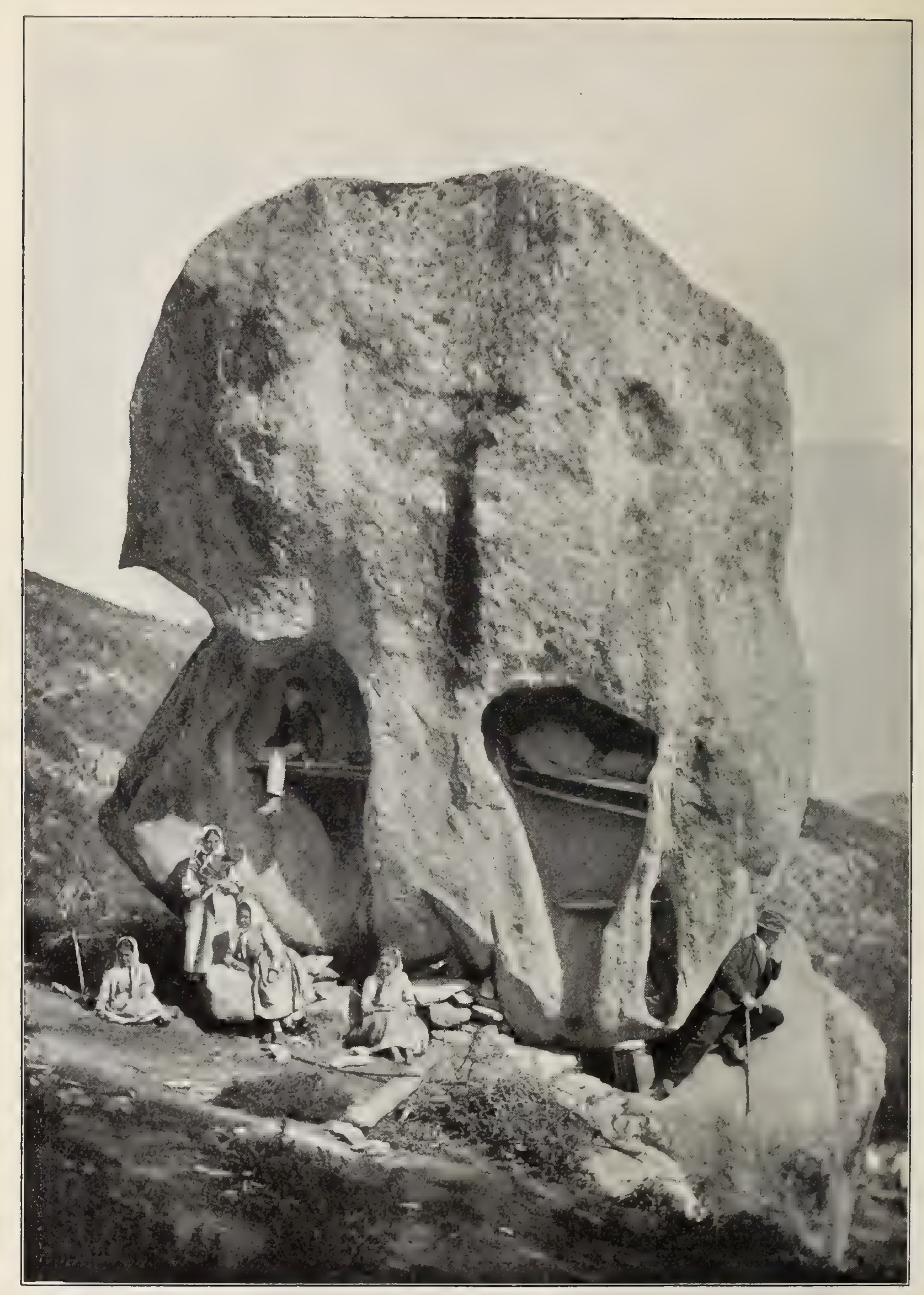
Die Herauswitterung, die aus dem kristallinischen Gestein die härteren Mineralien, aus dem thonigen Sandstein die quarzreicheren Schichten, aus dem Riffkalk die dichtesten Fladen mit der Zeit hervortreten läßt, ist wie alle kleinen Erosionsvorgänge typisch für größere, die nach denselben Grundsätzen vor sich gehen. Die Phonolithkuppe ist der herausgewitterte dichtere Kern eines Schichtvulkanes, der „Pfahl" des Bayrischen Waldes ein stehengebliebener Gang sehr harten Quarzes und die Gneis- und Granitberge des Schwarzwaldes und der Vogesen, ja mancher hochragende Alpengipfel sind aus mächtigen Decksteinen, die sie umhüllten, herausgewittert. Ähnlich ist die Herauslösung eines phantastischen Lavagebildes aus leichtverwehter Schuttumhüllung (s. die Abbildung, S. 516). Natürlich kommt es auch vor, daß eingelagerte weichere Gesteine aus ihrer härteren Umgebung herausgeschafft werden, sowie sie zerfallen, wo dann „herausgewitterte Thäler oder Fjorde" zu Tage treten. R. Bell hat in den archäischen Hochflächen von Kanada die Herauswitterung von Diorit- und Diabasgängen beobachtet, wobei die Granit- oder Gneiswände intakt blieben. Er weist manchen langgestreckten Seen und Flußthälern diesen Ursprung zu, unter anderen auch dem großen Cañon des Hamiltonflusses in Labrador. Natürlich müßte bei Fjordherauswitterung für die Zeit dieser Herauswitterung ein höherer Stand des Landes angenommen werden.

Der rote Feldspat im Granit erwärmt sich mehr als der weiße Quarz, und der dunkle Glimmer mehr als der Feldspat, und dem entsprechend strahlen sie verschieden aus; vielfarbige Gesteine, wie Granit und Gneis, verwittern daher schneller als einfarbige Sandsteine. Dabei kann an windgeschützten Stellen die zersetzte Masse ruhig zusammenhalten, während die Auflösung des inneren Zusammenhanges immer weiter schreitet. „Ich bin einmal", schreibt Johannes Walther, „drei Tage durch Granitberge (der Wüste) gereist und konnte nirgends ein Stück festen, unzerbröckelten Granits abschlagen."

Tiefe Zersetzung. Rapakiwi und ähnliche Gesteine.

Der Granit zersetzt sich oft auffallend rasch, wo er dem Zutritt der Luft ausgesetzt ist, und zwar nicht allgemein und gleichmäßig über eine weite Fläche hin, sondern nur stellenweise, dort aber so tief, daß die merkwürdigsten Formen entstehen. Das ist nicht bloß in den Tropen der Fall. Auf den niederschlagsreichen Inseln Süd-Chiles zerfallen vermorschte Granitfelsen selbst bei leisem Anstoß in Grus. In Finnland gibt es einen Granit, der vor anderen durch seine rasche Zersetzung ausgezeichnet ist. Man nennt ihn dort Rapakiwi, d. h. fauler Stein. Dieser Name ist für ähnliche Granite angewendet worden: man spricht von Rapakiwi-Gesteinen im allgemeinen.

Über die Ursachen dieser Zersetzung ist man sich nicht klar. Man hat sie für Finnland in der raschen Abkühlung des heißen Granites durch von Norden hereinbrechende Wasserfluten gesucht, die das Gestein durch eine Masse von feinen Sprüngen zersetzten und auflockerten. Das ist nur eine Phantasie. Man hat auch die größere Zersetzbarkeit der einzelnen Bestandteile dafür verantwortlich gemacht, die aber ebensowenig nachzuweisen ist. Gerade die auffallende



Ein ausgehöhlter Granitfels (Tafone) bei Ajaccio auf Korsika. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 519.

Ungleichmäßigkeit im Auftreten dieser Erscheinung widerspricht einer chemischen Ursache, die gleichmäßiger verbreitet sein müßte. Es müssen *mechanische* Ursachen sein, die erlauben, daß Temperaturunterschiede und Sickerwasser stärker zersetzend, zersprengend auf einzelne Teile

dieses Gesteins wirken als auf andere. Darauf deutet auch hin, daß eine Wasser- oder Schutthülle die Zersetzung aufhält. Auf eine im Bau des Gesteins selbst liegende Ursache weist der Gang der Zersetzung, die oft rascher im Inneren als an der Außenseite des Gesteins fortschreitet. Man findet in Korsika Granitblöcke, die so vollständig ausgehöhlt sind, daß Hirten in ihrem Inneren wohnen (s. die Abbildung, S. 518).

Wie auf Korsika, so widersteht auch am Pike's Peak (Rocky Mountains in Colorado) die Oberfläche der Felsblöcke der Zerbröckelung kräftiger als das geöffnete Innere. Auch hier dringt die Zersetzung leichter auf den der Erde zugewandten Flächen ein als auf den oberen Wölbungen. Am überraschendsten ist dort der Gegensatz zwischen Festigkeit und verwesungsähnlichem Zerfall, den nicht nur verschiedene Teile des Berges, sondern selbst Teile desselben großen Blockes zeigen. Der Granit der Gipfelregion ist bis 600 m unter dem Pike's Peak stahlhart, so daß beim Bau des Observatoriums seine Bearbeitung große Schwierigkeiten machte, nur wenig weiter unten zerfällt er ganz leicht, oder besser, er verwest. Man hat hier den Eindruck, daß nur der feste Kern des Berges der Verwitterung widerstehen konnte, und daß dieser am Gipfel hervortritt, während die leichter zersetzlichen Granite weiter unten Reste der lockereren Hüllen darstellen, die oben längst entfernt sind. Alles, was locker gefügt und vergänglich ist, wurde oben längst aus seinem Verbande gelöst und hinabgeführt.

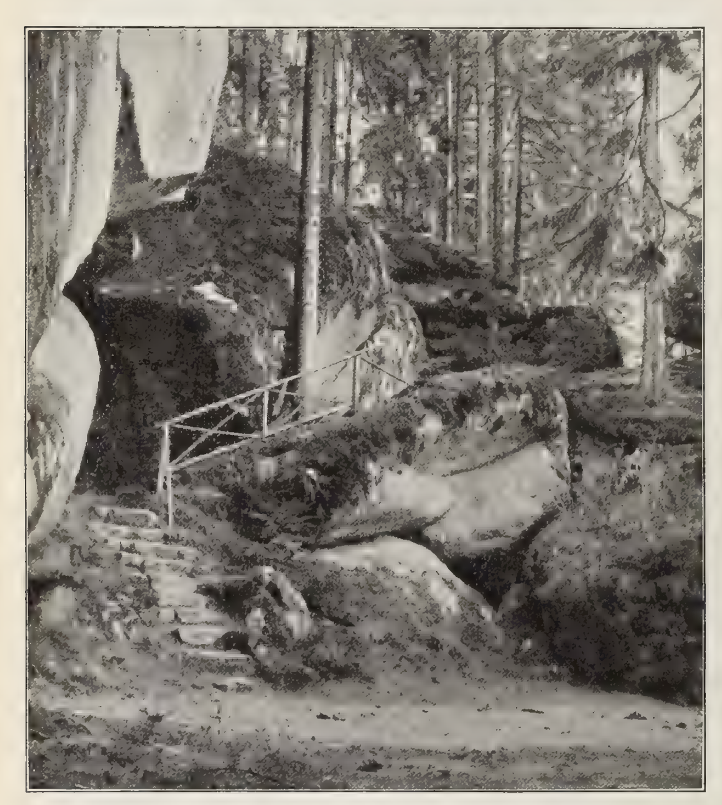
Felsenmauern und Felsenmeere.

Härtere Gänge in weicherem Gestein bleiben stehen, wenn ihre Umgebung oder Einhüllung längst zerfallen ist. So wie im Kleinen die härteren Bestandteile des Granites oder der Nagelfluh eine höckerige Fläche bilden, so baut in Nordirland Basalt lange Mauern von mehr als Meterhöhe, die aus dem Tuff herausgewittert sind, und im Hügellande des Lyonnais erheben sich Quarzmauern bis zu 10 m aus Schiefer. Am Harz liefern den sichersten Beweis einer starken Abtragung des Granites die Hornfelsberge Wurmberg, Achtermannshöhe, die 100 bis 150 m hoch aus dem Granit hervorragen, der sie einst umschlossen haben muß. Aus der Gegend von Christiania in Norwegen schreibt Leopold von Buch: „Man sieht auf der Höhe einen kleinen Felsen freistehen; man eilt hin und wird gewiß den Rest eines Porphyrganges finden, der aus dem Thonschiefer hervorsteht. Ähnliche Felsen in der Entfernung bezeichnen den Lauf dieses Porphyrganges.“ Der rötliche Granit des Felsengebirges von Montana in Nordamerika bildet stehende Pfeiler, Säulen, eiförmige Gestalten, steinerne Flammen, die im Schatten des dünnen Waldes auf dem Ostabhange des Gebirges leuchten. Setzt ein Gestein der Verwitterung auch einen so starken Widerstand entgegen wie Serpentin oder Cordierit, so stürzt es doch endlich mechanisch zusammen, wenn seine Umgebung unterspült, zersetzt wird.

So entstehen jene Felsenmeere, gewaltige Massen gerundeter Granitblöcke, wahre Trümmerstätten, wie sie im Fichtelgebirge auf der Luisenburg (s. die Abbildung, S. 520), im Odenwalde hinter dem Königsstuhl, im Harz auf dem Brockenfelde, bei den Hohneklippen, in der Gegend von Schierke und Braunlage zu finden sind. Solche Felsenmeere sind auf verschiedene Art entstanden. Der Fels ist an Ort und Stelle verwittert, die lockeren Teile sind durch Wind und Wasser fortgetragen worden, Blöcke der verschiedensten Größe und Form bleiben als Kerne der zersetzten Gesteinsmassen übrig. Pöppig beschreibt eine solche Bildung von den chilenischen Syenitküsten und den dahinter gelegenen Höhenzügen. Der Syenit bildet hier selten noch Felsen, sondern nur Klumpen und Massen, die durch zwischengelagerten Thon und Mergel verbunden sind, so daß sie oft das Ansehen eines Alluviums gewinnen. So entstehen auch die mit Kieseln oder scharfen Gesteinstrümmern von geringer Größe weithin einförmig bedeckten Flächen in Wüsten und Steppen, denen wir im Wüstenabschnitt begegnet sind (vgl. S. 487). In solchem Falle werden die Blöcke nicht transportiert, sondern sie setzen sich dicht aufeinander, nachdem die

Verwitterungsprodukte zwischen ihnen fortgeführt worden sind. So kommt es, daß die Struktur der meisten Blöcke noch den alten Zusammenhang zeigt. Auf diese Weise sind auch wohl die weiten Felder und Wälle dicht aneinander gedrängter, oben abgerundeter Granitblöcke entstanden, die an vielen Stellen die brasilische Küste umsäumen, die Stromschnellen der Flüsse zwischen Amazonas und Oyapok aufbauen und die Bucht von Rio de Janeiro durchsetzen.

Die Zersetzung wird begünstigt in Thalrinnen, wo nicht bloß der Fels bloßgelegt, sondern auch vom Wasser fortgeschafft wird. Das Felsenmeer tritt dann auf fremdem Boden auf. Die blockbesäten Bachbetten in unseren Granit- und Buntsandsteingebieten gehören hierher; aber auch die ausgewaschenen Moränen, von denen erratische Blöcke einzeln oder in Blockpackungen bis zur Dichte eines Straßenpflasters zuletzt übrigbleiben. Von den auf afrikanischem Gneis- und Granitboden häufigen Felsenmeeren (s. die Abbildung, S. 521), Wirkungen des teilweisen Zerfalles an Ort und Stelle, ist öfter in den Reisebeschreibungen die Rede. Granitblöcke liegen dort in den Urwäldern zerstreut; Riesenblöcke, hüttenbildend übereinander liegend, bieten Scharen von Eingeborenen Schutz; Berge, die nichts als der Kern „abgeschälter" Granitmassen sind, erheben sich wie Pfeiler aus der Erde. Die granitischen Seychellen (vgl. die Abbildung, S. 543) sind mit den runden Verwitterungsblöcken des Granits bedeckt, an manchen Stellen so dicht, daß man den Boden nicht sieht. Eine Sonderbarkeit sind die „Wackelsteine", die beim Zerfall von Graniten von konzentrisch-schaliger Struktur entstehen: ein Fels läßt sich auf einem anderen wie in einer Gelenkpfanne bewegen (s. die Abbildung, S. 522).



Aus dem Felsenmeer der Luisenburg im Fichtelgebirge. Nach Photographie von Max Lusche, Wunsiedel. Vgl. Text, S. 519.

Das Volk denkt für die Erklärung der Felsenmeere an Erdbeben oder vulkanische Ausbrüche. Diese Anschauung hat auch die Wissenschaft gehegt, solange sie keine Einzeluntersuchungen anstellte. Das Granitfelsenmeer der Luisenburg im Fichtelgebirge ist noch von A. von Humboldt in dieser gewaltsamen Weise erklärt worden. Aber schon Goethe sprach angesichts der Felstrümmer der Luisenburg die Anschauung aus, „daß die Natur, ruhig und langsam wirkend, auch wohl Außerordentliches vermag", und hat auch hier damit recht behalten. Über

dem Felsenmeere von heute lagen einst andere, die ebenso zerfallen sind, wie dieses zerfällt und wie in diesem Abschälungs- und Abbröckelungsprozeß noch viele spätere zerfallen werden.

Hohlformen als Ergebnis der Verwitterung sind nicht häufig, da jede Mulde oder Rinne sich Wind, Wasser oder Eis zum Schauplatz ihrer Thätigkeit macht, um durch ihre Erosion die Höhlung zu vertiefen und womöglich in ein Thälchen zu verwandeln. Doch kommt besonders die schalige Verwitterung solchen Bildungen entgegen, wie uns schon die flachen Becken unserer Granitlandschaften zeigen. Natürliche Felsenschalen kommen in den verschiedensten Teilen Europas vor, und die Volkssage sieht so gut in den Sudeten wie im nördlichen Portugal „Riesenschüsseln“ darin. Im äquatorialen Afrika bilden die schaligen Sandsteine bei der Verwitterung muldenförmige Vertiefungen von 1 cm bis 2½ m Durchmesser und 2 m Tiefe, die Ngurungas, die als Wasserlöcher für die Steppenwanderer, z. B. im Gebiete der



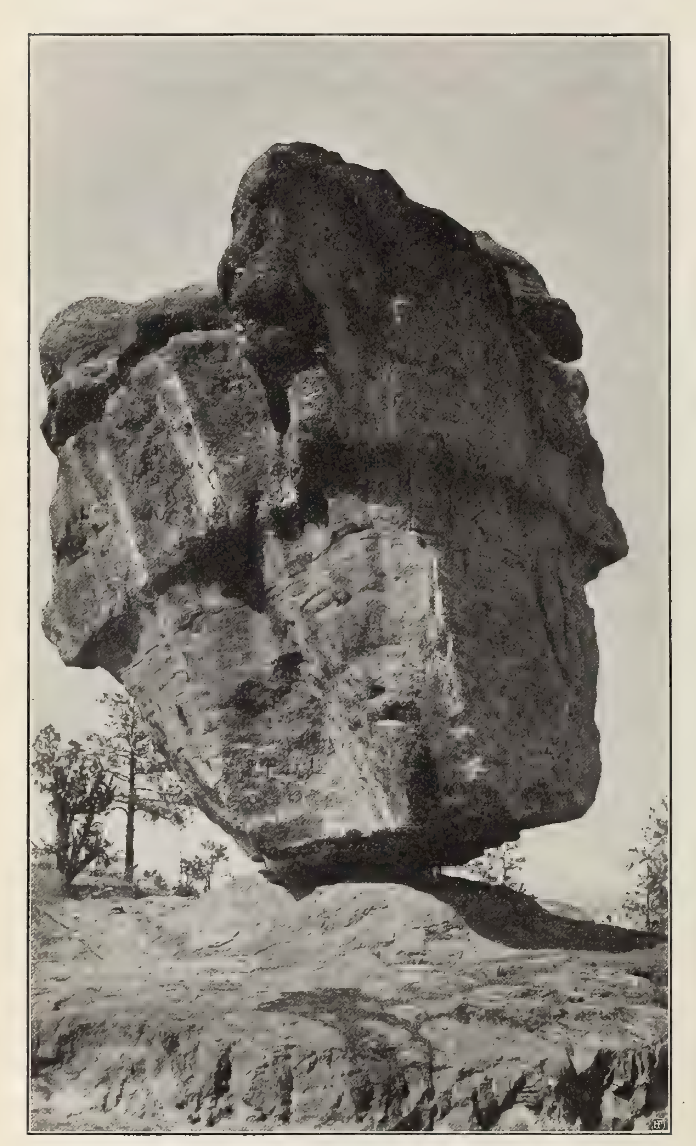
Verwitterte Granitfelsen in Usukuma, Deutsch-Ostafrika. Nach Oskar Baumann. Vgl. Text, S. 520.

Taro-Höhen hinter Mombassa, von praktischer Bedeutung sind. Man nahm sie für künstliche Gebilde, solange man sie nur als senkrecht in den Boden gewühlte Gruben kannte; man weiß jetzt aber, daß sie auch in horizontaler Richtung in die Sandsteinfelsen gehöhlt sind (vgl. die Abbildung, S. 514). Die schalige Absonderung des Sandsteins weist der auflösenden Kraft des stehenden Wassers und der rasch sich einstellenden Organismen, die daran weiterarbeiten, die Richtung. In manchen Fällen mag zuletzt auch der Mensch mit gehöhlt haben. Einsturztrichter, die in Kalklandschaften vorkommen, sind manchmal diesen Becken äußerlich ähnlich.

Steinfall und Bergstürze.

In der warmen Jahreszeit ist es im Hochgebirge nie ganz still, wie wohl einmal im Winter, wenn der Schnee alles zugedeckt hat und die gespannten Gegensätze friedlich nebeneinander schlafen. Kleine Anlässe lösen Fallkräfte aus, die endlich Bedeutendes zu leisten im stande sind. Dem harten Schlag der Hufe springender Gemsen folgt Steinfall, aber ebenso dem unhörbaren Stoß plötzlicher Luftbewegungen, wie sie einem Gewitter vorangehen. Man sieht oft auf den Gebirgskämmen oder -jöchern Steine wie zusammengefegt häufchen- oder streifenweise liegen; sie sind von Wirbelwinden bewegt, die steinbeladen nicht selten in den Alpen beobachtet werden.

Theobald hat Wirbel von 20 Schritt Durchmesser auf der Calanda in den Glarner Alpen gesehen, die handgroße Steinstücke bewegten, und Boas berichtet von Steinen von 5 ccm, die der Wind auf das Eis an der Küste von Baffinsland warf. In größerem Maße wirken: Erweichung von Schichten, auf denen Schutt ruht, besonders Schnee- und Eisschmelze, Auswaschungen, Erschütterungen durch Erdbeben. Nicht der einzelne Stein ist am Steinfall zu beachten, sondern die Kraft, welche dabei ausgelöst wird. Steinfälle erfolgen nicht einzeln, sondern salvenweise, teils weil die Felsen im Stürzen zerschellen, teils weil sie Stücke der Wände und Rinnen, wo sie fallen, mitnehmen. Steinfälle sind nicht kontinuierlich, zum Heile der Bergsteiger, sie nähern sich dieser Eigenschaft nur da, wo sie einer durch Eis oder Schnee verkitteten Schuttmasse entstammen, die sich im Schmelzen langsam auflöst. Daher sucht man im Hochgebirge vereiste Rinnen, die wegen Steinfall zu fürchten sind, vor den ersten Strahlen der Sonne zu passieren. Stürzen Steine in großer Masse herab, Erde und Pflanzendecke mit sich reißend, so haben wir einen **Bergsturz**.



Ein Wackelstein in Colorado, Nordamerika. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 522.

Die Schwerkraft führt nicht nur kleine Trümmer der Gebirge in die Tiefe. Wenn der Zusammenhang gelockert ist, stürzt auch eine ganze Bergwand ein, stürzt eine Bergspitze ab. Bei Chur kam 1849 ein Block von 26 m Höhe und 16 m Breite ins Thal, ohne daß eine Ursache seiner Loslösung zu erkennen war. Viele Gesteine liegen so stark geneigt, daß Wasser, das an ihrer Sohle eindringt, genügt, um ihren Zusammenhang mit den unterlagernden Schichten aufzuheben. Ihr Abrutschen wird erleichtert, wenn sie dichter und schwerer als ihre Unterlage sind. Sandsteine, dichte Kalksteine und

Dolomite, die mit leichter zersetzlichen thonigen Gesteinen wechsellagern, werden immer eine Gefahr für die Thalbewohner an ihrem Fuße sein. Sie zerklüften, lassen Wasser eindringen, ihre Unterlage wird erweicht und fortgeführt, und die Wirkung ist dieselbe wie eine höchst langsame Unterspülung. Der Roßberg über Goldau besteht aus Nagelfluh und Mergelschichten mit 30—45° Neigung gegen den Lowerzer See. Nachdem der Winter und Sommer von 1805 sehr wasserreich gewesen waren, entstanden im Herbst Spaltenbildungen und geschahen kleinere Abrutschungen. Am 2. September erfolgte dann der Bergsturz in Form eines Dreiecks, dessen Spitze am Gypen lag, und dessen Seiten 2,5 km lang waren. Das Ganze war wie ein schwer vollgesogener Schwamm gewesen, der endlich, als er zu schwer geworden, auf der nassen Thonunterlage zum Rutschen gekommen war. Durch Spaltungen der ganzen Masse entstanden vier Stürze, die den Lowerzer See sich 20 m hoch aufbäumen ließen. Außerdem kamen die Felsen früher unten an als der Schlamm, so daß die Verwüstung und Zerstörung längere Zeit dauerte. Felsblöcke von 8 m Höhe und unzählige kleinere zerstreuten sich über einen Raum von gegen 20 qkm. 100 Häuser und 200 Ställe wurden zertrümmert oder verschüttet, und 450 Menschen verloren ihr Leben.

Im 16. Jahrhundert stürzte ein Teil des Vorderglärnisch ab, wo massige Kalksteine über Schiefern und Thon der Juraformation liegen. Felsen flogen ½ Stunde weit von der Stelle ihres Lagerns, und die Trümmer bedeckten einen Raum von etwa 6 qkm. Bei Glarus liegen die Trümmer eines spätglazialen Bergsturzes von demselben Massiv. Noch ist die durch Flußstauung entstandene Terrasse sichtbar. Ein ähnlicher Bergsturz führte in der Bocca di Brenta (südwestliches Tirol) im Mai 1882 in einer regnerischen Nacht einen der prismatischen Felskörper, aus denen dort die Berge bestehen, von seiner schiefen Schichtfläche herab. Das Stück war mehrere hundert Meter, vielleicht 400 m hoch, und der Durchmesser betrug etwa den vierten Teil. Man kann also sagen, daß ein ganzer Gipfel abgestürzt sei. Dabei ist aber die Masse nicht als Ganzes gestürzt, sondern hat sich, im Sturze zerberstend, wie eine Flut von Felsbrocken über einen weiten Raum ergossen. Der Schlammstrom fehlte hier. Steil geneigten Dolomithängen sind in der Umgebung des Sees von Naini Tal in den indischen Nordwestprovinzen lockere Schuttmassen aufgelagert, die beim Eindringen des Wassers samt einem Teil der zerklüfteten Felsunterlage abzurutschen pflegen. 1880 tötete dort ein gewaltiger Bergsturz 151 Menschen, und immer kehren kleinere Rutschungen wieder. 1618 stürzte der vorwiegend aus Gneis bestehende Berg Conto bei Chiavenna herab, wahrscheinlich infolge von Erweichung der unter ihm liegenden thonigen Gesteine.

Der oben erwähnte Bergsturz von Goldau soll 15 Millionen, der von Elm bei Glarus (1881) 10 Mill. cbm Gesteinsmasse und Schutt herabgebracht haben. Aber dem alten Sturz von Flims schreibt Heim eine Leistung von 15 ckm (15 Milliarden cbm) zu; das ist so viel, wie der Krakatoa-Ausbruch von 1883 in Bewegung gebracht hat. Man kann aus der geschichtlichen Zeit allein 150 größere Bergstürze für die Schweiz nachweisen. Die Zahl ist sicherlich noch zu gering; es ist sogar anzunehmen, daß früher Bergstürze häufiger waren, als die Gesteine noch nicht so festgelagert und die eiszeitlichen Schuttmassen noch nicht voll zur Ruhe gekommen waren.

Eine andere Art von Bergsturz ist der Schlammstrom, welcher der Muhre naheverwandt ist. Man mag ihn mit den Bergstürzen zusammenstellen, wenn er überraschend eintritt und schnell verläuft. Gewöhnlich setzt aber ein solches Ereignis eine lange Vorbereitung durch Ansammlung des Schuttes voraus. An den zwei letzten Tagen des April 1868 floß vom Hirzli bei Weesen am Walensee ein Schlamm- und Trümmerstrom herab, der in kurzem die Dorfstraße bedeckte, 18 Häuser zerstörte und über die Gemarkung eine Schlammschicht von 1,5 m Höhe ausbreitete. Der Berg besteht über Bilten aus Nagelfluh, Thon und Mergel, die mit 60 Prozent Gefälle übereinander lagern. Ein geneigtes Thälchen war durch eine Lawine geschlossen worden, hinter deren Schuttwall sich nun eine Masse von Trümmern staute, durchweicht von Wasser und schmelzenden Lawinenresten. Viel größere Dimensionen nahm ein Schlammstrom in Guldalen (Norwegen) an, wo 1348 eine große glaziale Thonmasse ins

Fließen kam und einen 12 km langen See aufstaute, dessen Durchbruch dann eine 40 km lange Thalstrecke verwüstete. Dabei sollen 50 Mill. cbm Thon ins Fließen gekommen sein. In den thon- und mergelreichen Schichten des Apennin sind Erdbewegungen dieser Art besonders häufig; man kann die Erdrutsche geradezu eine Landplage Italiens nennen.

In unseren Hochgebirgen, wo es fast nirgends an weitverbreitetem Wasserreichtum fehlt, kommt ein ganz trockener Bergsturz kaum vor. Wo Schutt fällt, geschieht es fast stets in Verbindung mit Wasser oder mit Schnee. Schmelzen des Schnees begünstigt entschieden diese Bewegungen. Dabei werden besonders Aufstauungen fließenden Wassers gefährlich. Ein Felssturz, der den Lambach aufstaute, wurde die Ursache der Schuttströme, die 1896 einen Teil des Dorfes Kienholz bei Brienz zerstörten. Niederschlagsreiche Gebiete sind immer von Erdrutschungen und Bergstürzen heimgesucht. So wie im südlichen Chile die Gebirgshänge mit mehr als 2000 mm Niederschlag von häufigen Bergrutschen (derrumbes, redumbes) verwüstet werden, welche die ganze Waldregion durchfurchen, ist auch der östliche Himalaya ein Bergsturzgebiet: 1893 begann am Ende der Regenzeit bei Gohna im Garwal-Himalaya eine Landrutschung auf intensiv gefaltetem, steilem Gelände, die 800 Mill. Tonnen in Bewegung setzte und einen See von 156 m Tiefe aufstaute, dessen Durchbruch, nach Jahresfrist erfolgend, eine 97 m tiefe Schlucht riß. In kleinem Maße finden wir Ähnliches in den Alpen: die beim Bergsturz des 3. Juli 1594 verschütteten Quellen des Oberdorfbaches bei Glarus brachen nach neun Tagen mit verstärkter Gewalt hervor und richteten neue Verwüstungen an.

Lawinenschutt.

Den Lawinenschutt machen die große Menge von Bestandteilen der Oberflächenerde, die er umschließt, und die Lagerungsformen, die das langsame Abschmelzen des zu Grunde liegenden Schnees hervorruft, zu einer ganz besonderen Art von Schutt. An großen Stücken der durch die Wurzeln der Legföhren und Alpenrosen zusammengeflochtenen Erde der höheren Alpenregion erkennt man den Lawinenschutt; man kann sagen, jene Stücke sind „leitend“ für ihn, ebenso wie die tief rotbraune Farbe mit dem Purpurhauch, welche diese humöse Erde der Oberfläche erteilt, über die sie hingestreut wurde. Wie da, wo sie gewachsen, sind diese dichten organischen Geflechte 15—20 cm dick. Sie umschließen häufig größere Steinbrocken und armdicke Ast- oder Wurzelstücke der Legföhren. Viele solcher Schichten sind abgestorben, auf anderen grünen die Zwergweiden-, Alpenrosen- oder Heidelbeerbüsche, die Monate unter Schnee lagen, fröhlich weiter. Man sieht Schuttflächen, die durch neuergrünende Reste dieser Art wie mit grünen Hügeln übersäet sind. Selbst mitten auf felsigen Wegen setzen sich diese Fremdlinge fest und grünen. Und solange der Firn sie unterlagert, der sie heruntergetragen hat, liegen sie alle steil nach Süden, der Seite der rascheren Abschmelzung, geneigt, während an der nördlichen Seite gletschertischartig die Firnunterlage hervortritt. Die Legföhren sterben rascher ab als die sie begleitenden kleineren Sträucher, aber ihre zahllosen Früchte, die in jeder derartigen Firn- und Schuttablagerung sich finden, lassen in wenigen Jahren einen kräftigen, dichten Nachwuchs ans Licht treten. Manches Legföhrendickicht auf steilem Schutthange dürfte so entstanden sein. In der reihenförmigen Anordnung der Sträucher und in den Hervorragungen, die wie große Gräber diese Schuttfelder bedecken, sind Spuren dieser Entstehung zu sehen. Binnen wenigen Jahren kann so ein Legföhrendickicht, das in 2000 m Höhe auf festem Fels grünte, wo der verweilende Schnee an seiner Entstehung mitgearbeitet (s. oben, S. 506), auf eine 500 m tiefer liegende Schutthalde durch den in Bewegung gesetzten Schnee verpflanzt worden sein, und mit ihm eine

ganze Reihe anderer Gewächse aus höheren Lagen. Diese Bewegungen von großen Teilen der Pflanzendecke sind für die Bodenbildung in der Höhe zwischen 1000 und 2000 m von großer Bedeutung. Auf die merkwürdige Vertragung einzelner hochalpinen Gewächse nach tieferen Standorten, die noch weiter reicht, aber auch langsamer arbeitet, kommen wir im biogeographischen Abschnitt zurück.

Die zweite Eigentümlichkeit des Lawinenschuttes liegt in der Beteiligung des langsam schmelzenden Schnees an der endgültigen Ablagerung des Schuttes. Der verfirnte Lawinenschnee bleibt Jahre unter seiner Schuttdecke liegen, wobei er langsam sinkt, bis er endlich ganz geschwunden ist. Während dieses ruhigen Rückganges wird immer mehr von den fremden Bestandteilen, welche die Lawine in sich eingeschlossen hatte, freigelegt. Man kann dann lange auf der Lawine hingehen, ohne zu ahnen, daß man auf einer Unterlage von Firneis wandert. Liegt die Lawine flach, so bleiben die Schutt- und Pflanzenteile nach der Abschmelzung so liegen, wie sie übereinander in der Lawine ihre Stelle hatten. Deswegen ist es auch für den Lawinenschutt bezeichnend, daß kleine Steine und Erdstücke auf größeren Blöcken lagern. Diese Anordnung erinnert in ihrer scheinbaren Unnatürlichkeit sofort daran, daß der Schnee der Lawine den kleinen Schutt in ein höheres Niveau gehoben hatte, aus dem er langsam auf den tiefer liegenden Block niedersank. Auf dem flachen Lawinenfirnrest bilden sich ferner Erhöhungen und Vertiefungen, je nachdem eine Stelle schuttreicher ist als die andere, und in die Vertiefungen gleiten kleinere Einschlüsse hinab. Die leichten Erdschollen hindern die Abschmelzung der an ihrer nördlichen Seite sich aufwölbenden Firnhügel, während die schwereren Steinblöcke, deren man bis zu 3 cbm messende findet, bei der geringeren Widerstandskraft der Unterlage ihrer Schwere gemäß einsinken.

Liegt die Lawine geneigt, so rutscht beim Abschmelzen der gröbere Schutt nach dem unteren Rande zu und gibt dort, indem er die Abschmelzung des Firnes verzögert, Veranlassung zu schuttbekleideten Eiswällen oder -buckeln, die in dieser Bildung das Moränenhafteste darstellen. Die kleineren Steinbrocken lagern sich nach der Zeitfolge ihres Ausscheidens ab, wo sie einen Halt finden, und erzeugen dadurch oft deutliche Stufenreihen. Die leichte Erde mit den Pflanzenresten bleibt dagegen auch an abschüssigeren Firnhängen haften und erteilt ihnen jenes tiefe Braun mit dem Purpurhauch, das, wie erwähnt, der humösen Erde in der Region der Alpensträucher eigen ist. Im Laufe eines Sommers ändert ein Lawinenrest seine graue Schuttfarbe immer mehr in diese charakteristische rötliche Erdfarbe um. Zuletzt aber führt das schmelzende Wasser die feinste Erde in die Schuttspalten hinein, während die gröberen Pflanzenteile, die in der Regel massenhaft vorhanden sind, als Vorbereitung eines neuen Pflanzenbodens an der Oberfläche bleiben. So behauptet endlich nach einer so großen Umwälzung die Pflanzenerde wieder die Stelle, wo sie lag, ehe sie losgerissen wurde: sie bildet die oberste Erdschicht.

Ein merkwürdiges Bild bietet ein mit Lawinenschutt überstreuter Thalgrund der Kalkalpen. Das Schwarzgrau der mit kleinen Kalktrümmern stark versetzten Erde, das dunkle Rotbraun der Erdschollen, aus denen plötzlich ein grüner Fleck von Gras oder Alpenrosengebüsch oder zinnoberrote Preißelbeersträuchlein hervorleuchten, das grelle Gelbgrau der Dolomitblöcke, das durchscheinende Silbergrau des Firnes, das allerdings nur in der Nähe hervortritt, während es beim Fernblick ganz verdeckt wird, endlich das Rostrot der in weitem Umkreis, soweit die Schneelast lag, abgestorbenen Legföhren sind die Grundtöne eines wirren Bildes, dessen tröstendes Moment in dem sichtlichen Keimen neuen Lebens aus den Trümmern liegt.

Scheinbar gehört die Lawine zu den unregelmäßigen und rasch vorübergehenden Folgen der Schneelagerung im Gebirge. Aber doch leistet sie in der Summe eine merkliche Arbeit, denn

mit jeder Schutthalde, die sie neu am Fuße steiler Hänge aufschüttet, verengert sie das Entstehungsgebiet neuer Lawinen, und ist der Lawinenschutt bis zu einer bestimmten Höhe gegen den Felsgrat heraufgewachsen, so kommen an dieser Stelle die Massenabstürze zur Ruhe. Der letzte Lawinenrest liegt an einer Stelle des Thales, vor und unter der seit vielen Jahren Lawinenschutt aufgehäuft wird: an der Spitze der Schutthalde, die langsam thalauswärts und thalaufwärts, die Lawinenbahn verkürzend, gewachsen ist.

Gletscherschutt.

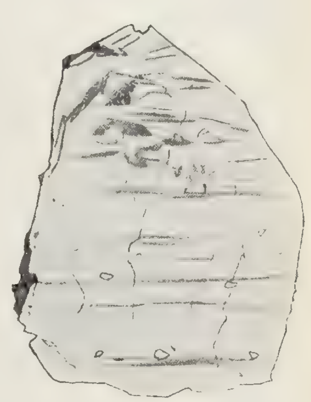
Indem die Gletscher den Firn der höchsten Gebirgsregionen, in Eis verwandelt, auf tiefere Stufen und nicht selten bis an und in das Meer herabführen, tragen sie zugleich den Schutt eines weiten Gebietes mit sich und lagern ihn dort ab, wo sie abschmelzen. Dieser Schutt ist von mannigfaltigem Ursprung; man findet in ihm scharfkantige Trümmer vom Kamm des Gebirges vergesellschaftet mit Rollsteinen des Gletscherbaches, der an seinem Fuße hervorbricht. Wo immer einmal ein Gletscher geweilt hat, bedecken daher eckige und runde, gebrochene und geschliffene Gesteinsbruchstücke von verschiedenster Größe in buntem Wechsel den Boden, eingebettet und eingestreut in Lehm und Sand. Ein Teil davon ist durch Einhüllung in das Eis gegen alle weitere Zersetzung und Zerreibung geschützt gewesen, ein anderer hat die ganze Last von ein paar hundert Metern Eis über sich gehabt, ist zerdrückt, zerrieben, zermahlen, kommt als Sand oder Staub unten an. Dabei zeichnet sich der Gletscherschutt vor allen anderen Formen zersetzter Gesteine durch seine innige Verbindung mit seinem Träger, dem Eise, aus. Durch das Eis nimmt er ganz andere Formen an, die nichts anderes als die Formen des Eises selbst sind, das ihn zusammenhält, begrenzt allerdings durch seine Schmelzbarkeit bei allen Temperaturen über 0°. Gerade diese Abhängigkeit wird uns bei der Betrachtung der Gletscher (im 2. Band) auf den Schutt zurückführen, den sie tragen, umarbeiten, und dem sie ihre Form geben. An dieser Stelle wollen wir ihn nur so weit betrachten, als er an dem Bau des Bodens teilnimmt. Über die eigentümlichen Landschaften, die er bei massigem Auftreten bildet, die Moränenlandschaften, s. unten, S. 625.



Gekritztes Geschiebe von der Grundmoräne eines Gletschers. Vgl. Text, S. 527.

Der Blick unter einen Gletscher zeigt uns das chaotische und keineswegs schöne Bild einer vielförmig abgeschmolzenen und abgeriebenen, mit Schlamm überzogenen und mit eingebackenen Steinen bewehrten Eismasse und darunter wieder die Masse des ordnungslos übereinander gestürzten Schlammes und Schuttes. Das ist die Grundmoräne: die Sammlung und Ablagerung der Steine und Erde, die der Gletscher in seinem Bette findet und mitschleppt. Teils betten sie sich durch den Druck des Gletschers in das Eis ein, teils bleiben sie frei zwischen der Sohle und dem Bett des Gletschers liegen. Im ersteren Falle werden sie vom Eis fortgeschoben

und fortgezogen, aneinander und am Boden gerieben, im anderen abgeschliffen und zum Teil in Staub und Schlamm verwandelt. Größere Steine werden mit Kritzen bedeckt, die einander in allen Richtungen durchkreuzen (s. die Abbildung, S. 526 und die untenstehende). Außerdem wird ein Teil der Grundmoräne von dem unter dem Gletscher hinabfließenden Wasser mitgerissen und fortgerollt. Die Anzahl der gerollten Geschiebe in der Moräne, die den Maßstab für die Mitarbeit des Wassers in der Arbeit des Gletschers gibt, ist bei großen Gletschern immer bedeutend, und wo Moränen neben einfachem Zersetzungsschutt, z. B. im Kalkgebirge, liegen, gibt die Zumischung der gerollten Geschiebe den Ausschlag für die Natur der Moräne. So ist also die Grundmoräne nach ihrer ganzen Zusammensetzung wesentlich verschieden von dem Schutt, den die Seiten und die Stirne des Gletschers ausscheiden. Während diese einfach vom Eis transportiert werden, erfahren jene den Druck des Eises und die Bewegung des unter dem Gletscher fließenden Wassers. Gekritzte Gesteine, gerollte Geschiebe, Sand und Schlamm sind daher die Bestandteile der Grundmoräne, die als das Ergebnis aller einzelnen Leistungen des Gletschers in Transport und Zerreibung sein charakteristischstes Produkt genannt werden dürfen. Wenn man von Gletscherablagerungen ohne weiteres spricht, meint man eben diesen Grundmoränenschutt.



Ein geschrammter Lavablock vom Kilimandscharo. Nach Photographie von Hans Meyer.

Das vordere Ende der Grundmoräne, bereichert durch den von der Gletscheroberfläche herabfallenden und aus dem Gletscher ausschmelzenden Schutt, ist die Endmoräne: ein Wall von schwankender Gestalt, der bei zurückgehenden Gletschern für den Blick von vorn und unten den ganzen Gletscher zudeckt, von vorschreitenden Gletschern dagegen überflossen und durchbrochen wird. Immer ist sein gletscherwärts gekehrter Abhang steil. Es ist wesentlich, zu betonen, daß die Endmoräne am Rand und Fuß des Gletschers gebildet wird. Was unter dem Gletscher gebildet wird, kann eng mit diesen Randbildungen zusammenhängen, ist aber seiner Natur nach Grundmoräne. Die Sonderung der beiden macht nur dort Schwierigkeiten, wo der Rand des Gletschers in einzelne Stücke zerfallen ist, denn dann wird jedes Restchen Grundmoräne mit der Zeit zur Endmoräne. Endmoränen werden um so höher und selbständiger werden, je länger der Gletscher an einer Stelle verweilt. Sie können so langsam wachsen, daß Waldbäume auf ihnen sich einwurzeln. Muir erzählt, daß am Malaspina-Gletscher in Alaska der Wald mehrere Kilometer über den Gletscherrand übergreift; er wandert mit dem Gletscher meerwärts, und seine Stämme mischen sich mit erratischen Blöcken. Geht der Gletscher gleichmäßig zurück, so hinterläßt er eine dünne, flache Ebbemoräne, die wesentlich aus Grundmoränenmaterial besteht; dagegen geben Ruhepausen im Rückgang der Gletscher Veranlassung zur Ablagerung konzentrischer Endmoränenwälle. Am Südabhang der Alpen sind die Gletschermoränen vor jeder größeren Thalmündung zu Halbbogen zusammengedrängt. Man hat sie treffend Moränen-Amphitheater oder Moränenzirkus genannt (s. die Karte, S. 528). Wie in einem Amphitheater ist der äußere Bogen der höchste, die inneren folgen konzentrisch, und in den alten Gletscherboden ist ein Seebecken eingesenkt.

Selten bleiben indessen die Endmoränen ungestört. Der Gletscherbach, der in der Endmoräne hin und her schwankt, zerstückt in dem Wechsel von Vorrücken und Zurückweichen des Gletschers die Endmoränen und läßt vielfach nur vereinzelte Hügel davon übrig. So findet

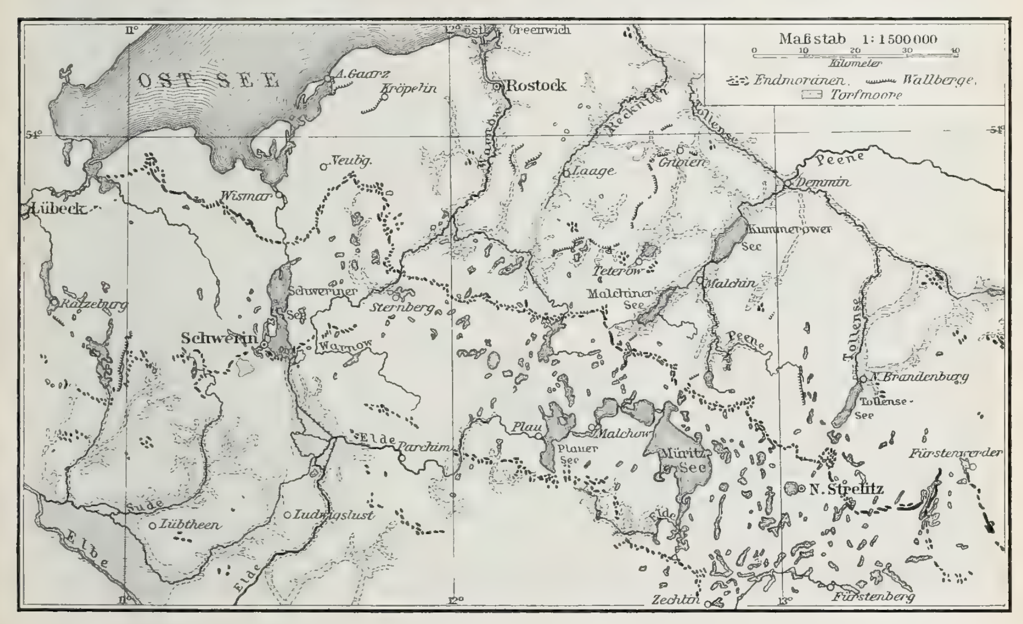
man nahezu 1 km vor dem heutigen Ende des Grindelwald-Gletschers die Endmoräne des Vorstoßes von 1822, von der nur ein paar Hügel noch erhalten sind. Etwa 80 m weiter rückwärts liegt dann die viel größere Endmoräne des Hochstandes von 1855. In jüngeren Moränen stecken nicht selten Eiskerne als Reste des zurückgegangenen Gletschers. In der Gegend des 33. Grades südl. Breite hat Hauthal in Andenthälern große schuttbedeckte Eisblöcke bis zu 3 km Entfernung von den heutigen Gletscherenden gefunden. Solche Kerne lassen bei ihrem langsamen Abschmelzen trichterförmige Höhlungen zurück, die zu den Merkmalen der Moränenlandschaft gehören (vgl. unten, S. 627).



Der Moränenzirkus des Gardasees. Nach der italienischen Generalstabskarte. Vgl. Text, S. 527.

Die Seitenmoränen entstehen durch das Herabstürzen von Steinen und Erde von den Seitenwänden auf den Gletscher, ferner durch das Hervortreten von Schutt aus dem an den Rändern stärker abschmelzenden Gletscher. Masse und Größe ihres Schuttes variieren mit der Beschaffenheit der Gletscherumrandung; es entladen sich ganze Bergstürze auf eine Gletscherflanke, und Blöcke von mehreren 1000 cbm sind keine Seltenheit. Anderseits liefern manche Gebirge so wenig groben Schutt, daß die Seitenmoränen nur noch dünne Schuttüberzüge darstellen. Aber auch in diesem Falle erheben sie sich mit dem vor Abschmelzung geschützten Eis wallartig über den Gletscher. Wo die Schuttfälle ausgiebig sind, bilden sich Moränen, die mit einem Fuß auf dem Gletscher, mit dem anderen auf dem Felsrande

ruhen. Man könnte sie Ufermoränen nennen. Mit ihnen verbinden sich die beim Rückgang des Gletschers auf dem Gletscherufer, manchmal in bedeutender Höhe, liegenbleibenden alten Moränen. So entstehen Ufermoränen, die bis zu 100 m Höhe über dem heutigen Gletscherrand emporragen. Der Unterschied zwischen Ufermoräne und Seitenmoräne ist nicht zu hoch anzuschlagen. A. Heim hat in der Ufermoräne überhaupt nur die altaufgehäufte, vom Eis bei höherem Gletscherstand zurückgelassene Seitenmoräne, in der Seitenmoräne aber die noch jetzt sich bildende Moräne gesehen. Grundmoränenmaterial mischt sich beiden bei, und in beiden kommt gerundetes und kantiges Geschiebe vor. Fließen zwei Gletscher zusammen, so vereinigen sich ihre einander zugekehrten Seitenmoränen zu einer Innen- oder Mittelmoräne. Der aus acht Gletschern sich bildende Gornergletscher hat auch acht Mittelmoränen. Oder es schiebt



Übersichtskarte der Endmoränen Mecklenburgs. Nach F. E. Geinitz. Vgl. Text, S. 530.

sich ein Gletscher über den anderen, so daß seine Grundmoräne zum Teil Mittelmoräne wird. Endlich kann auch eine aus der Mitte eines Gletschers hervorragende Bodenerhebung das Material für eine Mittelmoräne liefern, die dann im Anfang nur klein ist; eine derartige Mittelmoräne wächst am Hochjochferner vom Ursprung bis zum Ende des Gletschers von 0 auf 50 m.

Man muß die Mittelmoränen, die aus der Vereinigung der inneren Seitenmoränen zweier zusammenfließender Gletscher hervorgehen, von den Mittelmoränen trennen, die in der Fortsetzung einer den Gletscher überragenden Klippe erscheinen. Diese sind oft unbedeutend, besonders auf kleinen Gletschern. In der kalifornischen Sierra Nevada bilden sie überhaupt nur dünne Schuttstreifen. Wo zerstreute Felsklippen auf dem Gletscher weit auseinandergehende Blockstreifen hervorrufen, die dann vielleicht noch durch Längsspalten getrennt werden, entstehen auch unzusammenhängende Moränen aus einzelnen Blockhaufen.

In den moränenartigen Ablagerungen der Firnflecke erkennen wir denselben Grundzug des Zusammenführens und Sammelns, der in der Natur der Firnflecke liegt. Die Spuren der geringfügigen Bewegungen der Firnflecke treten ganz zurück. Schnee und Firn

konzentrierenden Staub und die feineren Steintrümmer, indem sie ihre Weiterbewegung hemmen. Außerdem wirken sie wie ein großes Tuch, das in einer Zeit des Jahres ausgespannt wird, um Niederfallendes zu sammeln, und das in einer anderen Zeit des Jahres, nämlich wenn der Schnee zurückgeht, zusammengefaltet wird, wobei der Inhalt gleichsam zusammengerafft wird.

Der Firnfleck sichtet den gröberen Schutt, indem er ihm eine glatte, schiefe Bahn darbietet, auf der große und kleine Steine abrollen, um an der Basis, oder, je nach der Lage des Firnflecks, an den Seiten sich zu sammeln. Dabei wandern in der Regel die großen Steinbrocken am weitesten, während die kleinsten auf dem Schnee und Firn festgehalten und langsam durch den Schmelzprozeß wieder ausgestoßen werden. In kleineren Kahren läßt sich oft eine deutliche Abstufung verfolgen, von dem Felsenmeer am Eingang,



Geschiebelehm einer diluvialen Endmoräne bei Idstedt (Schleswig). Nach Photographie von A. Frucht.

das aus den größten Blöcken besteht, bis zu den die Firnflecke begrenzenden Schuttwällen im Hintergrund, wo das kleinste Material vertreten ist.

Die größten Grundmoränen hat das Inlandeis der Eiszeit weiten Gebieten West- und Mitteleuropas hinterlassen. Sie bilden lange Ketten von Schuttwällen und Schutthügeln, die immer dort entstanden, wo die Stirn des Inlandeises unter leichten Schwankungen längere Zeit sich erhob (s. die Karte, S. 529). Indem solche Stillstände sich wiederholten, folgen jetzt auch die Endmoränen reihenweise hintereinander, entsprechend den Pausen, die das Inlandeis beim Rückzug machte. Ihr Grundstoff ist der Geschiebelehm, den wir über einen großen Teil des norddeutschen Tieflandes als einen grauen, mergeligen Thon ausgebreitet finden; dieser ist in feuchtem Zustand zäh, in trockenem oft so widerstandsfähig, daß man bei Eisenbahnbauten ihn durch Sprengung wegschaffen mußte. Große und kleine Geschiebe und Felsblöcke, meist mit scharfen Kanten und Bruchflächen, sind ohne alle Ordnung durch ihn hin zerteilt, in bunter Mischung, oft zahlreicher, oft spärlicher, niemals geschichtet (s. die obenstehende Abbildung). Wohl aber kommen einzelne geschichtete Einlagerungen dort vor, wo das fließende Wasser auf

diesen Schutt eingewirkt hat. Ein Anklang an Schichtung entsteht manchmal auch dadurch, daß große flache Geschiebe in übereinstimmender Richtung durch die Masse verteilt sind. Außer den großen Blöcken und Platten sind viele kleine Gesteinsbruchstücke vorhanden; sehr oft unterscheidet sich der Geschiebelehm gerade durch die kratzige Beschaffenheit seiner mehr gequetschten und zersprengten als gerollten Elemente vom Flußlehm.

Entsprechend den Richtungen der Inlandeisbewegung, die uns die Gletscherschrammen angeben (im Osten südsüdöstlich, im Westen südsüdwestlich, im ganzen fächerförmig) stammen die transportierten Gesteine in Mitteleuropa aus einem weiten Bezirk im Norden, der aber immerhin verhältnismäßig enger ist als die Ausstreuung im Süden. Aus einem Bezirke von Esthland bis zur Skandinavischen Halbinsel kamen die Geschiebe, die bei der ersten Eisbedeckung in überwiegend nordost-südwestlicher Richtung nach dem norddeutschen Tiefland transportiert worden sind. Dabei herrschen in verschiedenen Teilen unseres Tieflandes Gesteine aus verschiedenen Ländern des Nordens vor: in Ost- und Westpreußen die Granite von Finnland und Åland, die bis in die Mark reichen; Basalte von Schonen werden nur in der Mark und in Mecklenburg gefunden, und norwegische Gesteine herrschen westlich von der Elbe. Ähnlich ist es mit den Gesteinen aus versteinerungsführenden Schichten des Nordens. Sie stammen in Preußen, Posen und Schlesien aus Esthland, in Mecklenburg, Pommern und der Mark aus Schweden und von den Inseln der östlichen Ostsee, im Nordwesten aus dem Süden der Skandinavischen Halbinsel. Dazu kommen die Gesteine, die das Eis auf seinem Weg nach Süden mitnahm: die Kreideknollen und Feuersteine aus Rügen und Möen. Jedes anstehende Gestein, das vom Eis überflossen wurde, steuerte Materialien zur Grundmoräne bei; selbst Kreideschichten, die man in Ost- und Westpreußen nur durch Bohrung nachweist, haben eiszeitliche Geschiebe in diese Provinzen geliefert, und der Gehalt des Geschiebelehms an Kreidepulver bis zu 12 Prozent ist dort von großer Bedeutung für die Fruchtbarkeit des Glazialbodens. Die Grundmoräne empfing dadurch stellenweise örtlich begrenzte Eigenschaften, wurde zur „Lokalmoräne“, und wo die Gesteine vom Nordrand der deutschen Mittelgebirge sich hinzumischten, entstand das „Randdiluvium“. Gerade die in der Weichheit mancher älteren Schichten des nördlichen Europas gegebene Möglichkeit reichlicher Abtragung durch das Eis hat wohl zu der großen Mächtigkeit beigetragen, die den norddeutschen Eisschutt auszeichnet. Der Eisschutt Nordamerikas steht in den meisten Gegenden dahinter zurück.

Was ist und wie arbeitet Erosion?

Erosion ist die Wegführung von Teilen der Erdoberfläche, die an eine andere Stelle gebracht werden. An der ersten Stelle entstehen dadurch Hohlräume, an irgend einer anderen, oft weit entfernten, Ablagerungen. Das Wesen der Erosion ist also die Versetzung. Zugleich ist Erosion immer auch Verkleinerung der zurückbleibenden Masse um so viel, als weggeführt wurde, ferner Zertrümmerung der weggeführten Masse bis zur Auflösung. Beide Fälle bedeuten eine Vergrößerung der Berührungsfläche zwischen dem Festen der Erde und der Luft und dem Wasser. Verwitterung bereitet in den meisten Fällen durch Zerkleinerung von Gesteinen diese Arbeit vor, aber sie ist nicht der Erosion gleichzustellen, denn ein Fels kann verwittern, ohne im geringsten seine Form und Lage zu ändern. Die Verwitterung ist also nur eine Vorstufe der Versetzung. Ganz anders steht die Auflösung zur Erosion. Auflösung hat die Wirkung von Verwitterung und Versetzung zugleich. Sie verkleinert und versetzt. Daher ist die Auflösung die unmittelbar wirksamste Art von Erosion. Über Auflösung geht die

Erosionsarbeit nur dort hinaus, wo die chemische Aktion einsetzt, die den aufgelösten Körper zerlegt und anderweitig verbindet. Darüber hinaus ist dann nur noch Neubildung möglich. Zum Beispiel: der Frost hat vom Marmorfels Schüppchen abgesprengt: Verwitterung und Verkleinerung; die Schüppchen hat die Luft auf den Gletscher geweht, der sie in den Fluß getragen hat: Transport und Versetzung; der Fluß verkleinert sie durch Reibung zu Stäubchen und löst sie auf: Zertrümmerung und Auflösung, worauf er sie ins Meer hinausführt, wo Kohlensäure sie in Bikarbonat überführt: Zerlegung; in einer neuen Form wird zuletzt der alte kohlensaure Kalk durch den Lebensprozeß der Tiere wieder herauskristallisiert und etwa durch Niederschlag in einem Korallenriff wieder auf den Weg neuerlicher Entwickelung zu Marmor geführt. Wir haben also in jedem Erosionsvorgang im Grunde zwei Prozesse, in deren Natur es liegt, daß sie auseinandergehen: die Verkleinerung eines ruhenden Körpers, der an Ort und Stelle bleibt, und die Zertrümmerung des Teiles, der von ihm losgelöst worden ist.

Die Erosionsvorgänge sind so mannigfaltig wie die Beschaffenheit der Gesteine, wie die Verwitterungs- und Auflösungsvorgänge und wie der Boden, wo weggenommen und abgelagert wird. Findet doch Erosion sogar beim Wälzen sumpfliebender Tiere in einem Schlammbecken statt, das sie immer mehr vergrößern und vertiefen, indem sie seinen Schlamm auf ihrer Haut wegtragen. Wenn wir die Natur der Erosion erwägen, so ist es, als träten wir unter einen Baum, der uns mit Blüten überschüttet, deren jede der Betrachtung wert ist; es ist schwer, über dieser Fülle nicht zu vergessen, daß die Ursache dieses Baumes doch nur ein kleines Samenkorn ist, und daß Stamm, Äste und Krone einer einzigen Wurzel entsprossen sind. Deshalb ist es aus einem höheren praktisch-pädagogischen Gesichtspunkt geboten, gerade auf das Große, Einfache in dem bunten Spiel der tausend Formen auch der Erosion hinzuweisen, die durchaus kein wirrer Knäuel, sondern ein Kristall von durchsichtiger Klarheit sind. Demselben Gesetze wie die Bewegungen der Himmelskörper um die Sonne folgen doch die Sandkörnchen in ihrer Reuse, die Firnkörner in der Lawine, jedes Milligramm kohlensauren Kalkes, das einer Quelle entsprudelt. So ist die Erosion als ein großer Mechanismus aufzufassen, der mit unendlich vielen kleinen Werken die ganze Erdkugel umfaßt und bearbeitet.

Die Sonnenwärme und die von der Sonne und dem Mond geübte Anziehung sind in so überwiegendem Maße seine Triebkräfte, daß nahezu alle Erosionserscheinungen als ihre Wirkungen aufgefaßt werden können. Dies ist praktisch zu verstehen. Die Theorie der Erosion würde aber ungenau sein, die übersehen wollte, daß in manchen Fällen innere Eigenschaften der Erde mitwirken. Wäre die Erde ein fertiger, starrer und ganz gleichartiger Körper, so blieben in der That nur die anderen, von Weltkörpern ausgehenden Wirkungen als Bewegungserreger übrig. Nun ist aber die Erde weder im Inneren fertig, noch von gleichmäßigem Bau. Es treffen daher die von außen einwirkenden Kräfte auf ganz verschiedene Stoffe in wechselnden Zuständen. So treten unendlich viele Fälle ein, wo eine Erdbebenspalte ein neues Flußbett schafft, ein Bergsturz einen Bach aufdämmt oder eine langsam sinkende Küste das Gefälle und die Arbeit der Flüsse und Gletscher vermindert, die an ihr ausmünden. Das sind nur grobe Beispiele dafür, wie innertellurische Vorgänge das Spiel außertellurischer Kräfte beeinflussen. Daß in diesem Spiel innerer und äußerer Kräfte doch eine einzige Kraftquelle die wahre Urquelle ist, darf über den scheinbaren Gegensätzen zwischen Erdinnerem und Erdäußerem nicht übersehen werden: die Sonne und das Erdinnere haben eine und dieselbe Energiequelle. Manche suchen sie in dem Urnebel, der das Sonnensystem geboren hat. Wenn wir vorziehen sollten zu glauben, die Erde sei durch das durch Jahrmillionen fortgesetzte Zusammenstürzen

von Meteoriten entstanden, so haben auch diese zu irgend einer Zeit sich aus dem Sonnensystem losgelöst, und die Kraft ihres Zusammenstürzens hat nur längere und verschiedenartige Wege durchlaufen, ehe sie im Inneren des neuen Planeten als Wärme frei wurde.

Angesichts der großartigen Einheitlichkeit der Erosionsvorgänge möchten wir nicht jene Vervielfältigung der Namen gutheißen, die jeden Fall anders bezeichnet. Erosion für Abtragung durch fließendes Wasser, Abrasion durch Brandung, Deflation durch Wind, Desquamation durch Frost, Detrition durch Gletscher; das ist zuviel der Zerspaltung in Unterarten bei einem Vorgange, der im Grunde doch nur einer ist. Und da wir einmal von Namen sprechen, möchten wir auch das für Denudation oder Abtragung gebrauchte Wort Destruktion darum beanstanden, weil es die falsche Auffassung ausspricht, die Verwitterung und Erosion wirkten zerstörend. Wir finden es nicht richtig, daß man sagt, die Verwitterung wirke ausschließlich zerstörend. Auch die Verwitterung vernichtet ja nicht den Stoff, den sie ergreift, sie bringt ihn nur in eine andere Form und meistens auch an einen anderen Ort. Dadurch wird etwas Neues geschaffen. Daher würden wir lieber Transformation sagen. Man hört besonders oft: „In der Höhe der Berge zerstört die Natur nur.“ Entstehen an Spitzen und Graten neue Formen, so werden sie durch Herausschälung. Der Rest wird losgelöst und ordnungslos herabgeworfen. Tiefer unten sind Schnee, Firn, Eis und Wasser bereit, Werkzeuge für Neubildungen abzugeben. Auch hier wird Masse fortgeschafft, aber das Ergebnis sind neue Formen. Also nicht um Zerstörung handelt es sich hier, sondern um Umguß, um Umguß in neue Formen.

Worin liegen nun die ersten Ungleichheiten, die der Erosion ihren bestimmten Weg weisen? Zuerst in der chemischen Zusammensetzung und im physikalischen Bau vom Korn und Kristall bis zu den großen und kleinen Spalten, wobei auch die Farbe nicht zu vergessen ist; dann in der Gestalt der Oberfläche eines Gesteines, besonders der durch sie bedingten Größe und Regelmäßigkeit der Böschung; ferner in der Pflanzendecke, die dem Gestein anhaftet, es befeuchtet, zersplittert, aber auch schützt; weiter im Auffallen des Regens, des Schnees und in der Neigung des Schnees zur Bildung von Schichten von ungleicher Dichte und Wasserdurchlässigkeit; in der Lage zur Sonne, die besonders den Unterschied besonnter und beschatteter Seiten hervorruft, dann in der Lage zu den vorwaltenden Winden, z. B. in unserer Zone zu dem regenbringenden Westwind; im Verhalten zu höher gelegenen Gesteinsmassen, deren Trümmer ihren Weg über die tiefer liegenden nehmen; endlich in der Ablagerung der Verwitterungserzeugnisse in solcher Menge auf dem Gestein oder in seiner Nähe, daß sie das Abfließen des Wassers darüber oder daneben beeinflussen.

Besondere Beachtung verdient die Dichte oder Lockerheit des Gesteines. Gegen eine poröse Tuffmasse ist das Regenwasser mechanisch unwirksam, weil es sofort unter seine Oberfläche versinkt; erst wenn durch Zerfall Undurchdringlichkeit eintritt, kann das Wasser auch hier seine Arbeit beginnen. Dazu trägt nun allerdings nicht selten das eindringende Wasser selbst bei, indem es durch Absatz gelöster Stoffe die Poren des lockeren Gesteins verengert. Das Eis verhält sich gegenüber solchem Gestein umgekehrt wie flüssiges Wasser: es geht über eine dichte Masse weg, ohne einen großen Einfluß darauf zu üben, aber den lockeren Haufen Gesteinsschutt schiebt es entweder fort oder verkleinert ihn durch Mitführung seiner einzelnen Bestandteile. Am Ätna sind gewaltige Aschenkegel seit Jahrtausenden wenig verändert, während in Island die Vergletscherung immer die Tendenz haben wird, die lockeren Massen fortzuschaffen und die dichten Lavaströme und -decken bloßzulegen.

Da die Erosion durch die Schwere bewirkt wird, so unterstützt alles das die Erosion, was Teile der Erdoberfläche befähigt, der Schwere zu folgen. Darin liegt die Bedeutung der Luft, des Wassers, des Schnees und des Eises für die Erosion, daß sie als Bewegungsmittel dienen. Die Schwerkraft, die allverbreitet ist, harrt nur auf die Unterstützung dieser

Werkzeuge, die ihrerseits in einer oder der anderen Form allverbreitet sind. Die Erosion geht also überall und immer vor sich; in den wasserärmsten Wüsten übernimmt der Wind allein die Verfrachtung. Die Wirkungen der genannten Bewegungsmittel sind sehr verschieden, je nach ihrer Verteilung. Der Regen wirkt in anderer Weise erodierend als ein Strom, die Lawinen anders als ein Gletscher. Die große Thatsache der Konzentration der erodierenden Kräfte auf einzelne Erdstellen hängt davon ab, daß diese Bewegungsmittel sich zu größeren Massen vereinigen, die so entsprechend stärkere Bewegungen hervorbringen.

Wichtig ist aber nun die Reihenfolge, in der die erodierenden Kräfte in Thätigkeit treten. Die Verwitterung bereitet, wie wir schon sahen, immer den Prozeß vor. Man kann ihre Arbeit als vollendet ansehen, wenn die Auflösung eines Zusammenhanges so weit stattgefunden hat, daß Ablösung und Versetzung eintreten kann. Nun beginnt der Transport, der immer gleichzeitig eine Verkleinerung des Körpers herbeiführt, indem er seine Teile an neue Orte und unter neue Bedingungen bringt. Zugleich benutzt dabei die Erosion den Körper, den sie bewegt, als Feile und Schleifmittel und gräbt damit dem Boden, über den sie hingeht, ihre Spuren ein. Und endlich folgt die Auflösung, die den Übertritt in ein neues Reich von Erscheinungen und Gesetzen, das Reich eines anderen Aggregatzustandes bedeutet (vgl. den nächsten Abschnitt). Durch sein eignes Gewicht stürzt ein ganzer Berg in die Tiefe; Felsen werden dadurch zu Staub zermalmt, dessen Wolke das grausige Schauspiel einhüllt und vom Wind vertragen wird; und andere Felsen werden dabei in Splitter zerschlagen, die der Bach fortträgt und zu Kieselsteinen abrollt; eine Rinne bleibt als Spur des Absturzes dem Boden eingegraben. Wir haben also oben die Lücke, die das weggetragene Gestein gelassen hat, unten, wohin es sich begeben hat, die Ablagerung und zwischen beiden die Spur seiner Bewegung, den Weg.

Abtragung in irgend einer Form ist allverbreitet. Wo der eine Vorgang aufhört, setzt der andere ein. Die Übergänge von dem einen zum anderen sind aber stets bedeutsame Stellen, die nicht selten durch dauernde Wirkungen bezeichnet sind: Wenn wir von einem hohen Berge ins Tiefland hinabsteigen, verlassen wir den Bereich der reinen Verwitterung, ebenso wenn wir vom Felsengipfel auf das Firnband fortschreiten; Lawinen führen den Verwitterungsschutt dem Gletscher zu, der Gletscher trägt ihn weiter, indem er ihn gleichzeitig zerkleinert; mit dem Gletscherbach oder der ersten Quelle betreten wir den Bereich der Erosion durch fließendes Wasser; die Erosionsrinnen münden in den Fluß und dieser mit einem Binnendelta in den Strom, an dessen Mündung ins Meer eine zerrissene Küstenanschwemmung die Wirkung der Brandungswelle zeigt. Der Lawinenschutt, die Moräne, das Flußdelta, das Mündungsschwemmland bezeichnen also die Stellen, wo die allgemeine Abtragung ihre Werkzeuge und Vorgänge wechselt.

Auflösung.

Die Moleküle eines festen Körpers haben vermöge ihres thermischen Energie-Inhaltes das Bestreben, sich auszubreiten und zu zerstreuen. Aber der normal zur Oberfläche nach dem Inneren zu wirkende Binnendruck setzt sich dem entgegen. Kommt nun der feste Stoff in Berührung mit einer Flüssigkeit, so übt diese eine Wirkung auf seine oberflächlichen Moleküle, die sich von dem festen Körper entfernen und sich in die Flüssigkeit begeben. Dabei ist in den weitaus meisten Fällen der Übergang eines festen Körpers in eine Flüssigkeit mit Volumenverminderung verbunden: die Lösung nimmt weniger Raum ein als der feste Körper und die Flüssigkeit zusammen, obwohl es Fälle gibt, wo diese „Kontraktion" nicht eintritt, z. B. beim Chlormagnesium und Chlorammonium. Gehen auf diese Weise feste Stoffe in Berührung mit flüssigen

in den flüssigen Zustand über, so nennt man das Auflösung. Als Aggregatzustandsänderung steht die Auflösung der Schmelzung ganz nahe. Die beiden Vorgänge zeigen eine tiefere Verwandtschaft in der Natur ihrer Gesetze. Leicht schmelzbare Stoffe gehen im allgemeinen auch leicht in den gelösten Zustand über. Der unschmelzbare Kohlenstoff ist auch unlöslich in allen Lösungsmitteln, mit einziger Ausnahme des geschmolzenen Eisens.

Abgesehen von einigen Stoffen, die hier von geringer Bedeutung sind, wie Diamant, Graphit, Kohle, edle Metalle, lösen sich alle Gesteine und Gesteinsteile in Wasser. Unter gleichen physikalischen und chemischen Bedingungen hat jeder Körper eine bestimmte Löslichkeit; die Zahl, welche diese Löslichkeit bezeichnet, nennt man den Löslichkeitskoeffizienten. Diese Löslichkeit ändert sich mit einer Menge von Umständen, unter denen die für uns wichtigsten folgende sind: Unter den verschiedenen Molekularzuständen bietet der kristallinische der Lösung mehr Schwierigkeiten als der amorphe; da nun die meisten festen Stoffe, ehe das Wasser sie lösen kann, mechanisch zertrümmert sein müssen, ist die Zersetzung ein Schritt auf die Lösung zu. Ferner steht die Löslichkeit im Verhältnis zu der Fläche, welche die Stoffe der Flüssigkeit darbieten. Blätterige und durchlässige Schiefer sind also löslicher als kompakter Gneis oder Granit. Die Löslichkeit steigt im allgemeinen mit der Temperatur. Doch kann es vorkommen, daß sie bis zu einem Maximalpunkt wächst und dann wieder abnimmt: einige Kalk- und Ceriumsalze verlieren an Löslichkeit mit zunehmender Temperatur. In manchen Fällen vermehrt der Druck die Löslichkeit. Bei Salzen jedoch, die sich unter Volumenvermehrung auflösen, vermindert sich mit dem Druck die Löslichkeit. Versuche, wie sie Pfaff angestellt hat, wären zu wiederholen, wie z. B. jener, durch den nachgewiesen worden war, daß 140 mg Bergkristall unter 290 Atmosphären Druck in 4 Tagen 4 mg verloren hatten, ebenso wie der Versuch, ob Dolomit, der in kohlensaurem Wasser unter gewöhnlichem Druck sich gleichmäßig auflöst, unter 6—8 Atmosphären Druck thatsächlich nur noch kohlensaure Magnesia, aber keinen kohlensauren Kalk an das Wasser abgibt. Wenn zwei Körper sich in demselben Wasser lösen, wächst entweder die Löslichkeit beider, oder es sinkt die Löslichkeit beider, oder die Löslichkeit des einen oder des anderen ändert sich. Ferner: das Meerwasser löst nach den Versuchen von Thoulet Muscheln, Bimsstein und Korallen weniger leicht auf als reines Wasser.

Auflösung und chemische Zersetzung gehen Hand in Hand; es hat deshalb für uns wenig Zweck, chemische Erosion und Auflösung scharf zu unterscheiden. Reines Wasser kommt auf der Erde gar nicht in Thätigkeit. Nur bei der Auflösung von Kalk und Dolomit durch Regen- und Schneeschmelzwasser kommt vielleicht die verhältnismäßige Reinheit dieser beiden Wasserarten als Steigerung ihrer Aufnahmefähigkeit mit in Betracht. Auch verändert das Wasser allein gewisse Gesteine schon dadurch, daß es sich mit ihnen verbindet: Gesteine mit Magnesiumsilikat nehmen Wasser auf und gehen in Serpentin über. Das Wasser wirkt aber in ungleich viel höherem Grade durch seinen Gehalt an Kohlensäure. Kohlensäurehaltige Wasser dringen in die Gesteine der Erde ein und lösen alles an ihnen auf, außer Quarz und Thonerde. Daher die ungeheueren Aufhäufungen von Quarzsand und Thon an der Oberfläche der Erde.

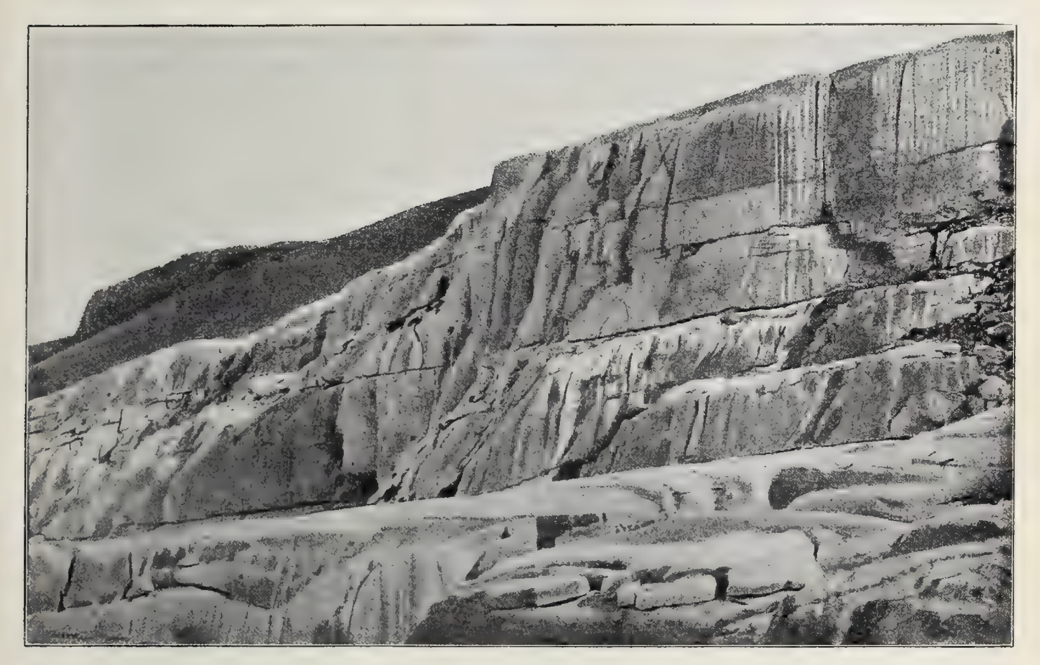
Die außerordentliche Verbreitung der Kohlensäure (CO^2) auf der Erde, wofür die vulkanischen Eruptionen und die Lebensprozesse zwei große Quellen sind, macht die Wirkung des mit Kohlensäure beladenen Wassers sozusagen allgegenwärtig. Die Kohlensäure übt dadurch im Bunde mit dem Wasser Wirkungen von wahrhaft tellurischer Größe aus. Wasser, das CO^2 enthält, löst im allgemeinen rascher die Gesteine auf als reines Wasser. Der Druck vermehrt noch diese Fähigkeit, Temperaturerhöhung aber vermindert sie, da der Auflösungskoeffizient

der Kohlensäure in Wasser mit steigender Temperatur sinkt. Das Ergebnis der Angriffe kohlensauren Wassers auf die Gesteine ist in der Regel die Bildung kohlensaurer Salze. Nehmen diese noch weitere CO^2 auf, so werden sie doppeltkohlensauer. Daher die ungeheuere Verbreitung der Kohlensäuresalze (Karbonate) auf der Erde, in festem sowohl als auch in flüssigem Zustand, und die verhältnismäßig große Seltenheit der freien Kohlensäure selbst im Meere. Im Süßwasser steht der Gehalt an kohlensaurem Kalk im allgemeinen im Verhältnis zum Kohlensäuregehalt. Wasser mit kohlensaurem Kalk erlaubt der Kohlensäure länger gelöst zu bleiben als reines Wasser.

Wir wollen zum Schlusse nicht jenes Weges vergessen, der die in der Erde aufgelösten Stoffe in das organische Leben überführt. Es gibt eine organische Auflösungsthätigkeit im Sinne der unmittelbaren Mitwirkung von Organismen in der Zersetzung löslicher Gesteine: Pflanzen und Tiere sondern Säuren ab, die vornehmlich die Lösung des kohlensauren Kalkes beschleunigen; es ist jene Wirkung, die man früher für die Karrenbildung in Anspruch nahm (s. unten, S. 545). Die Bildung von Kohlensäure im Lebensprozesse der Tiere braucht kaum besonders genannt zu werden. Kohlensäure entsteht bei allen Verwesungsvorgängen. Endlich nimmt das Pflanzen- und Tierleben die bereits gelösten Salze, die von Gesteinen der Erde herstammen, in seinen Kreislauf auf. Wir erinnern an Woldrichs Berechnung, daß der Pflanzenwuchs dem Boden Böhmens jährlich 863 Mill. kg feste Bestandteile entziehe.

Die Auflösung verbindet sich mit der mechanischen Arbeit des Wassers in allen Fällen, in denen bewegtes Wasser in Thätigkeit tritt. Man kann sich eine reine horizontale Fläche denken, auf der das Regenwasser auflöst, ohne zu fließen. Da aber auf der Erde diese reinen Horizontalen äußerst selten sind, jedenfalls nie in großer Ausdehnung auftreten, so gibt es kaum eine Auflösung durch Wasser, die nicht durch mechanische Arbeit des fallenden, d. h. fließenden Wassers verstärkt würde. Immerhin ist die Auflösung des Salzes im Steppenboden durch das eindringende Regenwasser, die oft für die Steppenvegetation verhängnisvoll wird, da sie ihr starke Salzlösungen zuführt, ein Fall von einfacher Auflösung ohne Erosion. Anderseits ist mechanische Erosion ohne Auflösung überhaupt nicht denkbar. In fast allen Fällen verschwindet aber die Auflösung in den weit überlegenen Wirkungen der mechanischen Erosion. Man kann daraus entnehmen, wie wenig gerechtfertigt die Absonderung gewisser Arten von Erosion ist, z. B. Regenerosion, wobei irrtümlich vorausgesetzt wird, daß es sich um etwas ganz anderes als mechanische oder chemische Erosion handle. Der auffallende Regentropfen schlägt lockeren Boden fest. Tropische Regen fallen oft in Tropfen von 5 cm Durchmesser; zugleich fallen sie aus großer Höhe und in großen Mengen, mit einer Geschwindigkeit von 5 m in der Sekunde und mehr. Die Anpassungen der Blätter tropischer Pflanzen an die Regenfülle deutet auf die Kraft der Tropenregen hin. Die sogenannten versteinerten Regentropfen in karbonischen und triassischen Sandsteinen sind ein interessantes Beispiel für die unmittelbare Wirkung des Regens auf lockeren Boden. Sie sind durch die rasche Bedeckung der von Regentropfen in feuchtem Sande gemachten Eindrücke mit darüber geschwemmtem Schlamm entstanden. Aber eine merkliche Wirkung entfaltet der Regen doch erst im Fließen, nachdem er gefallen ist. Da kanneliert er Schuttsäulen und Felsmauern (s. die Abbildung, S. 537) und gräbt in den Kalkstein ganze Thalsysteme von Regenrinnen. Ja, man muß den Regen abrinnen sehen, von kristallinischen Felsen leicht getrübt, fast noch klar, von Schiefern getrübt bis zur Undurchsichtigkeit, von Mergel- und Thongesteinen oftmals als ein schwerflüssiger Brei: da versteht man seine gewaltige Thätigkeit. Tropische Regengüsse, die gleich Sturzbächen zur Erde prasseln, verlagern

ungemein stark die Ergebnisse der oberflächlichen Verwitterung, wirken auch entsprechend stark durch Schluchtenbildung, Erzeugung von Erdpyramiden, Obelisken und dergleichen. Lyell sah 20 m tiefe Schluchten im nordamerikanischen Staat Alabama an Stellen eingerissen, wo durch Waldverwüstung den Regengüssen Gelegenheit gegeben war, plötzlich auftretende Sturzbäche zu bilden. Gerade derartige Beobachtungen zeigen so recht deutlich, wie die scharfe Auseinanderhaltung der Regen- und der Flußerosion, wie wir sie in Huxleys Physiographie finden, vor einer unbefangenen Naturbeobachtung nicht besteht und der Behandlung des Erosionsphänomens eine ganz falsche Richtung gibt. Übrigens gehören auch in der gemäßigten Zone die nach Wolkenbrüchen oder durch sehr rasch eingetretene Schneeschmelze angeschwellten Gebirgsbäche



Kannelierte Felswand aus dem Karrenfeld des Désert de Platé, Savoyen. Nach Photographie von Chaix. Vgl. Text, S. 536.

zu den mächtigsten Erscheinungen des Flüssigen; es kommt vor, daß sie sich im alten Schuttboden eines Alpenthales, den ihre Vorgänger aufgehäuft hatten, 10—15 m tiefe Betten binnen wenigen Stunden graben.

Spülformen, Rinnen und Schratten.

Es gibt im Gestein und Schutt Formen, denen man die Entstehung durch Abspülung ansieht. Sie tragen die gerundeten Kanten, die ausgeschweiften Flächen, oft selbst schön gewundene spiralige Aushöhlungen: Wirkungen des rasch bewegten Wassers. Sie erinnern in vielen Beziehungen an die Formen der Winderosion, sind aber um so viel bestimmter, beschränkter und gleichförmiger, als die Welle schwerer ist als der Wind. Doch teilen sie mit den sandpolierten Felsen der Wüste die reine glatte Oberfläche. So ist für die Karren bezeichnend, daß sie sauber ausgewaschen oder, wie Albert Heim es ausdrückt „ganz kahl und frisch in Bildung begriffen“ sind. Dieselbe „Frische“ findet man aber auch bei den 1500 m unter der heutigen

Firngrenze liegenden tiefen Karrenschluchten, von deren glatten, reinen Wanden die dunkle hineingespülte Erde sich scharf abhebt.

Anders sind die Erzeugnisse der Auflösung ohne Bewegung. Wir finden sie, wo das Wasser mehr steht als fließt, z. B. in der Nähe der Firngrenze, wo die Gesteine im Sommer bald schneebedeckt sind, bald unter dem Einflusse der Sonnenwärme durch Schmelzung des Schnees entblößt werden; dort sind ganze Kalkblöcke zu einer mürben, porösen, schwammartigen Masse verwandelt. Als eine solche hat Baltzer den Gaultkalk am Südhang des Steinthälistocks im Glärnisch beschrieben; ähnliches kommt besonders in den thonreichen Kalken des Muschelkalks und der Juraformation vor. In ähnlichem Gestein, auch in Korallenkalken und Tuffen, bewirkt entsprechende Formen das Meerwasser auf Küstenplattformen, die nur noch von der Flut überschwemmt werden, worauf der Rest des Wassers bis zur nächsten Flut auf ihnen stehen bleibt und sie porös-schwammig erodiert. In solchen Fällen könnte man von einer diffusen Erosion sprechen, die verschieden ist von der, die durch Mithilfe der Bewegung des Wassers ihre Wirkungen konzentriert.

Überall, wo Kalkstein so gelagert ist, daß Regen- und Schneewasser über ihn wegfließt, entstehen durch Spülung Rinnen. Am verbreitetsten sind die die Oberfläche der Steine durchfurchenden, bald parallelen, bald auseinanderstrebenden seichten Rinnen, die von abfließenden Tropfen gebildet zu sein scheinen. Nicht selten sind sie so gleichmäßig wie die Riefen einer dorischen Säule. Sie vertiefen sich in den Bänken und Stufen des Kalksteins, besonders in höheren Gebirgen. Da sieht man Gruppen von Rinnen, die von der Oberseite einer Stufe bündelweise ausstrahlen, wobei die Stufe selbst ziemlich regelmäßig oben und an den Seiten abgerundet ist. Im Wettersteingebirge ist der dem Höllenthal zugekehrte östliche und nördliche Abhang der Riffel in dieser Weise an allen steileren Stellen bis ungefähr zur Höhe der Scharte geriefelt. Der Name Riffel kommt vielleicht daher. Diese Rinnen folgen dem Gefälle, bei plötzlicher Steigerung des Abfalles vertiefen sie sich und laufen streng parallel wie die regelmäßigen Rinnen kannelierter Säulen. Bei weiterer Vertiefung zerschneiden sie die treppenförmig abgestuften Blöcke, und es entstehen weiter kleine Klammen und Becken, die den Zusammenhang des Bodens unterbrechen.

Da sprechen wir nun schon von Schratten. Schratten sind die scharfen, oft messerartig scharfen Kämme zwischen den durch Auflösung entstandenen Rinnen des Kalksteins. In ihrer Vereinigung bilden sie die Karrenfelder. Die französische Sprache hat für die Karrenfelder in den Alpen die Namen Lapiaz oder Lapiés, Namen, die im französischen Jura, wo sie besonders stark vertreten sind (nach gütiger Mitteilung von Professor Schardt) durch Lésine oder Leisine ersetzt sind. Der erstere Name erklärt sich von selbst, entspricht unserem karrenreichen Steinernen Meer, ist aber nicht, wie es auf Karten wohl geschieht, mit Liappey zu verwechseln, das „Steinfeld" besonders im Sinne von Bergsturz bedeutet. Der andere Name kann nur von lésiner = geizen herkommen und paßt ganz gut auf die an Erde und Wasser armen Karrenfelder. Entsprechend ist der Name Désert, der ebenfalls im Jura vorkommt, sowie Sêche, trockene Stelle. Daß dabei die Lagerung der Gesteine mit wirksam ist, dafür gibt uns der vorhin genannte Berg Riffel ein Beispiel, dessen ganze Nordseite, ebenso wie die ungemein steile Südwand des Wettersteins gegen Ehrwald einen flaserigen, schuppigen Bruch zeigt, während auf den anderen Seiten die Rinnen das Gestein durchfurchen. Sicherlich kommen dieser Riefelung auch Risse im Gestein entgegen, und indem die Gebirgsbildung Risse von gleicher Richtung schafft, können auch die Rinnen und Kämme eines Karrenfeldes übereinstimmende Grundrichtungen zeigen. Dagegen zerstört die absprengende und zerbröckelnde Frostwirkung die feineren Erosionskämme

und Erosionsleisten. Es ist klar, daß solche Vertiefungen nicht so massenhaft auftreten können, ohne den Kalkstein bis auf kleine Leisten und Pfeiler wegzuräumen, die wie sehr steile Miniaturgebirge den Boden gesellig durchziehen und ungemein scharfe Kämme und Spitzen haben. Ebenso begreift man, daß sie sich unter gleichen klimatischen Verhältnissen immer weiter vertiefen müssen.

Wo die Rinnen nun tiefer sind, so daß man schon von Karrenrinnen spricht und eine Fläche, wo sie gesellig auftreten, als Karrenfeld bezeichnet, da zeigen sie in den Querschnitten die Entstehung durch nicht bloß rinnende, sondern auch schwingende Wassermassen, die viel stärker durch den Stoß als die Auflösung wirken mußten. Die beutelförmigen Erweiterungen in der Mitte, die oft einseitig sind, und die Aufwölbung des Bodens in breiteren Rinnen erinnern schon an die großartigeren Wirkungen rasch fließenden Wassers in den Klammen. Die Rinnen sind mit einem scharfen und zugleich weichen Werkzeug geschnitten. Im allgemeinen gehören ihre geschweiften und gewundenen Linien ebenso zum Wesen des Karrenfeldes wie die schneidenden Kämme, welche die Spanier in den kubanischen Karrenfeldern treffend „cuchillas“, Messer, nennen, und die Nadelspitzen der Klippen. Beides legt den Vergleich mit zerklüfteten Gletschern nahe. Wir haben in beiden Fällen eine höchst ungleichmäßige Wegräumung von Gesteinsmassen, und der Charakter des Erosionsgebildes wird durch das Verhältnis der weggeräumten zur stehengebliebenen Gesteinsmasse bestimmt. In einigen Kalkgebieten hat die Aushöhlung erst oberflächlich zu wirken angefangen, in anderen ist aber der größte Teil des Gesteines schon weggeräumt, so daß ein neuer Landschaftstypus, das Karrenfeld, entsteht.

Das Karrenfeld.

Das Eigentümliche des Karrenfeldes liegt in dem geselligen Auftreten zahlreicher Rinnen und Höhlungen im Kalk oder Dolomit, die in der Regel mehr tief als breit sind, und deren Tiefe und Richtung auf dem engen Raume eines Quadratfußes weit verschieden sein können. Nur ausnahmsweise kommen jene zusammenhängenden Rinnen zur Ausbildung, die in allen Gesteins- und Erdformen fließenden Wassers die Regel sind. Zwar können die Karrenrinnen manchmal auf größere Strecken gleichgerichtet sein, aber es kommt auch vor, daß eine Richtung die andere durchschneidet und ein vollkommen richtungsloses Gewirr entsteht. Es gibt auch rein schachbrettartige Zerschneidungen größerer Flächen durch Rinnen, die einander in rechten Winkeln kreuzen. Kurz es ist weniger die Masse und das Gefälle des Wassers als seine unendliche Zerteilung, die hier formgebend wirkt.

Auf Kalkflächen finden wir nicht selten trichterförmige Gruben, die durch Ausspülung und Nachsinken entstanden sind. 1—2 m breit, ½—1 m tief, werden sie durch geselliges Auftreten ein wichtiger Zug in der Landschaft. So sieht man sie in großer Zahl auf dem spärlich bewachsenen Felsenrücken des Kaisergebirges bei Kufstein. Im Karrenfeld gewinnen sie nun größere Ausmaße (s. die Karte, S. 540). Als trichterförmige, grubenförmige und thalartige Vertiefungen, Dolinen[1], kommen sie im Karst mit Durchmessern von mehreren hundert Metern und von sehr wechselnder Tiefe vor. Nimmt man Höhlenschluchten oder Foibe hinzu, wie die, in welcher die Reka bei Sankt Kanzian (Küstenland) verschwindet, so erhält man Tiefen von 130 m. Dolinen von mehr als 500 m Durchmesser sind selten, die größte Doline im istrischen

[1] Doline ist ein südslawisches Wort für Niederung, Thal; die Karsttrichter heißen do oder dolak, in der Mehrzahl dolci oder dolovi. Foiba nennt man im istrischen Karst den Schlund, in den das Regenwasser hineinstrudelt.

Karst liegt bei Danne, hat 600 m Durchmesser und 75 m Tiefe; nach Cvijićs Messungen sind am häufigsten die Durchmesser von 2—100 m. Bald sind sie kraterförmig, wie die Höhle eines Ameisenlöwen, bald schluchtenartig mit abgestürzten oder überhängenden Wänden, bald flachbodig, bald laufen sie in eine schmale Schlucht aus. Auch wo ihre Wände keine Spuren von Einsturz zeigen, erwehrt man sich schwer des Eindruckes, daß hier ein Stück Erdrinde versunken



Dolinenlandschaft mit der Mündung des Timavo im Karst. Nach der österreichischen Spezialkarte. Vgl. Text, S. 539.

sei. Nicht selten durchlöchern den Boden einer großen Doline kleine Tochterdolinen. Terra rossa (s. oben, S. 502 f.) bedeckt den Boden, wenn ihn nicht Humusboden oder, in höheren Lagen, Firn bedeckt, oder wenn nicht ein stiller See in ihm steht. Dolinen sind häufiger auf flachem als auf geneigtem Boden, und ihre Zahl steht im umgekehrten Verhältnis zur Thalbildung. Oft liegen sie in langen Reihen fast kettenförmig hintereinander; daß es an tieferen Zusammenhängen unter ihnen nicht fehlt, beweist die Dolinenreihe über dem vermuteten unterirdischen Rekalauf. Doch liegen sie auch in manchen Gebieten ohne alle Ordnung.

Der Rücken des Zahmen Kaisers bei Kufstein, der langsam von der Pyramidenspitze sich abdacht, enthält eine ganze Anzahl von dolinenartigen Gruben, die teilweise in Gruppen derart angeordnet sind, daß man geneigt ist, eine alte Verbindung durch Bäche anzunehmen. Die Felsen in ihrer Umgebung haben vielfach karrenfeldartige Aushöhlungen, und es ist besonders anziehend, dieselben stufenartig in diese Gruben abfallen zu sehen. Eine solche Grube findet sich unmittelbar neben dem Gipfel. Eine der größten ist 25 m lang und $2^1/_2$ m tief. Der oft mauerartige Bau ihrer Wände zeigt, daß sie weit entfernt sind, nur Strudellöcher zu sein, daß vielmehr Ab- und Nachsturz Anteil an ihrer Bildung gehabt haben.

Aus Dolinenreihen werden durch Abtragung der trennenden Schwellen längliche Becken. Aber es kommt auch vor, daß Dolinen in ein altes Thal eingesenkt sind, dessen Bach seinen Lauf in die Tiefe verlegt hat, worauf die Dolinenbildung über ihn wegschritt. Die kleinen



Ein Karrenfeld in der Wiesalpe, Dachsteingebiet. Nach Photographie von F. Simony.

Seen der Karstländer stehen auf dem Grunde von Dolinen. Wo Dolinen einmal gesellig vorkommen, wächst ihre Zahl ins Gewaltige. Cvijič fand auf 1 qkm ihrer 40 bis 50, und sie zählen im südosteuropäischen Karst nach Hunderttausenden. Darauf besonders führen die Vergleiche der Karstlandschaft mit der Mondoberfläche, mit einem Pardelfell, ferner die Bezeichnung blatternarbig, wabenartig zurück.

Die Dolinenlandschaften sind einförmig. Die Masse der Dolinen eines und desselben Gebietes ist nicht sehr verschieden voneinander nach Tiefe und Durchmesser. Gleiche Arten von Dolinen treten gesellig auf: bald steilwandige, bald flachrandige. Die öfter zu findende terra rossa auf ihrem Grunde und der spärliche Pflanzenwuchs ändern nicht viel an dem übereinstimmenden Grundzug. Nur die äußeren Motive der Erfüllung mit Wasser oder der völligen Bekleidung ihres Bodens mit Humus schaffen grundverschiedene Bilder. Dolinen, die früh geschlossen wurden, haben in ihrer Tiefe fruchtbaren Boden angesammelt. So werden größere Dolinen vermöge der fruchtbaren Erde auf ihrem Boden Oasen in der „Steinwüste“ der

Karstländer. Auch in den Karrenfeldern der Alpen sind die zahllosen kleinen und großen Trichterbecken und Gruben Sammelpunkte des Humus und Ausgangspunkte seiner Ausbreitung.

In den Kalkstein der Kalahari sind sogenannte Pfannen eingesenkt, in denen oft Wasser das ganze Jahr zu finden ist, wie z. B. in den zwei großen Pfannen bei der einstigen kleinen Bastardrepublik von Meer. Häufiger noch als süßes enthalten sie Salzwasser, und in einzelnen wird gutes Salz gewonnen. Zwischen Vaal und Haarts River liegen Pfannen von 10–12 km Umfang, die den Eindruck machen, als ob sie einst bis zu 30 m Tiefe mit Wasser gefüllt gewesen seien. Diese Pfannen sind temporäre Seen, keineswegs bloß Trichtergruben nach Art der Dolinen des Karst. Ihnen sind sicherlich die „sehr tiefen Sinkgruben" im Kalkstein des Damaralandes ähnlich. In den Kreidekalkplateaus des Libanon sind Dolinen von 50 m Breite ausgewaschen, deren Westwand in der Regel die steilere ist.

Schächte oder Brunnen sind über die ganze Fläche großer Karrenfelder zerstreut, finden sich aber meist in Reihen hintereinander angeordnet, und zwar am häufigsten in flachen Einsenkungen, wo Dutzende in einer Reihe hintereinander und gleichzeitig in geringen Stufenabständen untereinander gelegen sind. Oft sind sie so nahe beisammen, daß sie perlschnurartig aneinandergereiht oder zu 3 oder 4 ohne bestimmte Richtung zusammen gruppiert sind. Dabei kann es dann vorkommen, daß nur noch das Notwendigste an Stützen übrigbleibt, oder daß die einzelnen Höhlungen ineinander übergehen. Wir sehen mit Erstaunen, wie die Zwischenwände durch Herausfallen von Steinblöcken und mehr noch durch Ausnagung thür- und fensterförmig durchlöchert sind, oder daß schmale Kanäle von einem Schacht zum anderen führen. Letzteres ist indessen keineswegs die Regel, sondern die meisten Schächte sind Einzelgebilde. Viele von den Schächten sind von kreisrundem Durchmesser, andere jedoch schließen sich an Klüfte an, von denen sie Erweiterungen darstellen. Ihre Tiefe ist oft beträchtlich genug, wenn sie auch nicht gerade kirchturmtief sind, wie die Aussage der Älpler lautet; viele sind aber weniger als 1 m tief. Der tiefste Karstschlund ist die Lindnerhöhle oder Trebitschgrotte bei Triest, die bis 300 m hinabreicht, doch dürfte es noch tiefere geben, die noch nicht erforscht sind. Die Breite geht, abgesehen von den mehr zufällig sich anschließenden Klüften, kaum je über 1 m hinaus. Die Seitenwände sind stets in der Weise gerieft, wie stürzendes Wasser es thut; ohne daß dabei immer deutliche Spiralen von ausgesprochener Wirbelbewegung zu stande kommen, zeigt sich doch in dem immer nur auf ganz kurze Strecken festgehaltenen Parallelismus die leichte Ablenkbarkeit fließenden Wassers. Friedrich Simony hat diese Schächte, Strudellöcher oder Karrenbrunnen, die nur eine Art kleiner Ausgabe der Karstdolinen sind, treffend mit den Riesentöpfen verglichen und hervorgehoben, daß sie oft die End- und Sammelpunkte eines Rinnensystems bilden. Auch heute findet in ihnen das Regen- und Schneeschmelzwasser Wege in die Tiefe.

In der Reihenfolge ihrer Aufzählung wachsen die drei Gruppen von Hohlformen: Rinnen, Kessel, Schächte, an Größe, während an Zahl die letztgenannte den beiden ersteren weit nachsteht. Die Rinnen sind am kleinsten, aber am zahlreichsten. Der bedeutsamste Unterschied scheint aber in dem Auseinandergehen der Tiefenverhältnisse zu liegen. Die Rinnen sind mehr oberflächliche Gebilde, während die Kessel nach der Tiefe zu entwickelt sind und die Schächte röhrenartig in die Tiefe gehen. Nach Vorkommen und Ausbildung erscheinen die Rinnen als das erste Erzeugnis des Aushöhlungsprozesses; sie vereinigen erst die Wasserkräfte zur Bildung der beiden anderen Formen. Auf geneigtem Boden entstehen mehr Rinnen, auf ebenem mehr Trichter und Schächte. Doch ist bei der heutigen Verbreitung der Gebiete, wo die eine oder andere Form überwiegt, die Möglichkeit der Mitwirkung von neueren Hebungen oder Senkungen nicht ausgeschlossen, die gefällverändernd eingreifen mochten. Dafür sprechen gerade im südosteuropäischen Karst die Küstenschwankungen und Erdbeben.

Die Karrenfelder sind an Kalkstein und Dolomit gebunden und bevorzugen bestimmte Arten beider, ohne jedoch auf eine geologische Formation beschränkt zu sein; vielmehr sind Karrenbildungen und Verkarstungen in allen geologischen Formationen vom Silur bis zum jungen Korallenkalk verbreitet und kommen im Nordland wie in Indien, Jamaika, Kuba und Yukatan vor. Daß sie sogar in früheren geologischen Formationen vorgekommen sind, beweisen karrensteinähnliche Kalkbrocken im Kulmkonglomerat. In den Schichten des oberen Jura (dem Hochgebirgskalk der Schweizer Geologen) sind sie vielleicht am häufigsten in voller Schärfe ausgeprägt, sie fehlen aber nicht dem Lias auf der einen und der Kreide auf der anderen Seite. Es gibt auch im kristallinischen Gestein karrenähnliche Bildungen. So entstehen in den kristallinischen Schiefergesteinen Höhlungen, Gruben, oft geradezu spiralig in das Gestein hineinführend, durch die gewundene Struktur dieser Schiefer, die um Einschlüsse von Quarz und dergleichen herum manchmal konzentrisch angeordnet sind; aber ihre Ähnlichkeit mit Karren im Kalk ist oberflächlich.



Karrenartige Regenrinnen im Granit am Kap Larue, Seychellen. Nach Photographie.

Auch die parallelen Riefen und Rinnen im Granit der Seychellen (s. die obenstehende Abbildung), Werke des ablaufenden Regenwassers, erinnern nur an die Anfänge echter Karrenbildungen. Auch im Quadersandstein wittern Formen aus, die an Karren erinnern, besonders, wenn sie gesellig auftreten; aber ihr Vorkommen ist beschränkt, und sie sind immer viel kleiner als die echten Karren.

Eine besondere Art von Spülkesseln und Spülschächten tritt uns in den **Erdfällen** entgegen, die durch die Auflösung unterirdischer Kalk-, Gips- oder Salzlager entstehen. In die Hohlräume sinkt trichter- und kesselförmig die Erde nach, oft unter Erschütterungen: Senkungsbeben; vgl. oben, S. 204. Wo Salz und Gips in der Erde liegen, sind sie besonders häufig. Zahlreiche Erdfälle zeigen mitten im Tiefland bei Segeberg (Schleswig-Holstein) die Anwesenheit von Gips an, der dort über dem Steinsalz liegt, dem die Salzquellen der Gegend entstammen. Ebenso zeigen Erdfälle das ostsüdost-westnordwestliche Streichen der Gips- und Salzlager von Lübtheen in Mecklenburg über 42 km hin an. Erdfälle gehören zu Veränderungen des Bodens, die unter unseren Augen sich immer wieder ereignen. Im April 1895 brach bei

Leprignano, nördlich von Rom, ein Trichter von über 200 m Durchmesser ein, in dem sich ein kleiner See bildete, wahrscheinlich infolge von Auflösung kohlensauren Kalkes, der dann als Travertin wieder abgesetzt wird.

Karst.

Wenn in ausgedehnten Kalkgebieten Rinnen, Trichter und Schächte gesellig in so weiter Verbreitung vorkommen, daß die Oberfläche wesentlich durch sie gestaltet wird, so entsteht eine Landschaft, die man Karst nennt, und man sagt von einem solchen Gebiet: es ist verkarstet. Es gibt Karste in allen Zonen und in fast allen Höhenstufen, wo Kalkstein oder Dolomit den Boden bildet. Flächen von geringer Neigung sind ihrer Entstehung am günstigsten, und unter diesen wieder Hochebenen. Dabei liegt es in der Natur der Karstbildung, daß ein Karst nicht etwa ein reines Tafelland ist, sondern treppenförmig verwittert, und daß es an manchen Stellen die Einsenkungen und Wölbungen eines Faltengebirges zeigt.

Es gibt Kalkgebiete, wo die Aushöhlung erst oberflächlich zu wirken begonnen hat, und andere, in denen der größte Teil des Gesteines weggeräumt ist, so daß jener neue landschaftliche Typus, das Karrenfeld, entsteht. Diesen Prozeß nennt man nach dem bekanntesten seiner Werke, dem Karst, Verkarstung. Wenn solche verschiedene Abstufungen von Karrenbildung hart nebeneinander vorkommen wie in der westlichen Balkanhalbinsel, macht auch das Volk Unterscheidungen, die besonders wegen ihrer Beziehungen zum Leben der Menschen wichtig sind. Gering verkarstet nennt man dort eine Gegend, wo das nackte Gestein nur stellenweise hervortritt und dem Verkehre noch keine Schwierigkeiten macht. Im mäßig verkarsteten Gebiete hält sich Fels und Humusdecke das Gleichgewicht. Auf einem stark verkarsteten Plateau sind die erdigen Stellen kaum noch nennenswert, zusammenhängende Wege sind unmöglich, Pferde kommen nicht mehr fort. Der höchste Grad der Verkarstung schafft endlich ein pflanzenleeres Felslabyrinth, das undurchdringbar ist. Oft trägt hier die Lagerungsweise des Gesteins zur Steigerung der Felsverwirrung bei. Wo ein fertiges Karrenfeld plötzlich durch eine Änderung des Gefälles in scharfem Winkel zur ersten Richtung neu zerschnitten wurde, entsteht ein Labyrinth von Rinnen und Klippen, dessen Beschaffenheit sich durch die Masse von vollständig losgelösten Steinmassen dem eines Felsenmeeres nähert.

Die größten Beispiele von Karst findet man in Europa in dem westlichen Teile der Balkanhalbinsel von Krain bis in den Peloponnes — aus dem Küstenland stammt auch die Bezeichnung Karst —, in Nordamerika in dem Kalkgebiet am Westfuß der Alleghanies, in Australien im Innern des nördlichen Queensland. Kleine Karstgebiete sind aber auf allen Kalkböden zu finden. Ein typischer Karst ist z. B. das dolinen- und höhlenreiche Kalkgebirge devonischen Alters nördlich von Brünn, wo Flüsse verschwinden und als mächtige Quellen wieder hervortreten. Yukatan ist ein Karstland von welliger Oberfläche, von zahlreichen Einsturzbecken durchsetzt, fast ohne oberflächliche Bewässerung.

Die Entstehung der Karrenfelder.

Die Karrenfelder sind das Werk einer rasch in die Tiefe gehenden Erosionswirkung. Ab- und Ausspülungsformen am Fuße von Wasserfällen sind ihnen am nächsten verwandt. Auch an Kalkfelsen erinnern sie, die ein Sturzbach quer durchschnitten hat, so daß ihre Ränder senkrecht abfallen, und an Klippen, welche die zurückströmende Brandung erzeugt. Wo die Reisenden von dem harten Kalkfelsen eines Korallenriffes berichten, daß er „in unzählige nadelspitzige Höcker und Grate von wenigen Zoll bis zu mehreren Fuß ausgewaschen“ sei, haben wir echte Küstenkarren (s. oben, S. 384) der Brandung vor uns. Kommen nun auch einzelne Rinnen

zur Ausbildung, so lenkt doch die vertikale Erosion immer wieder den Wasserfaden von der Verfolgung der Rinne ab. Deswegen steht die Karrenbildung als etwas Neues jener verbreitetsten Erosionswirkung gegenüber, die große Rinnensysteme zum Abfluß auf kürzestem Wege erzeugt, also der Thalbildung. Die Karrenbildung erscheint in der Masse der Erosionserscheinungen als Spülwirkung unmittelbar auf den Felsen wirkender Wasserfäden, die sich nicht oder nur langsam konzentrieren. Die Karrenrinnen sind gerade gerichtet auf Boden von starkem Gefälle, schneiden aber nicht im Verhältnis des Falles tiefer ein, was ein Beweis für vorwiegende Wirkung der Auflösung ist. Während das Wesen der Thalbildung im fortschreitenden Anwachsen der Wassermassen durch immer neue Vereinigung von Nebenflüssen besteht, ist das Wesen der Karrenbildung gerade entgegengesetzt die Zerreißung des Zusammenhanges der Wasserfäden. Daher kein einheitliches Thal im Karrenfeld, sondern zahllose abgebrochene Vertiefungen. Erst neben, nicht *in* der verkarsteten Oberfläche selbst stürzen steile Wände ab zu klaren Flüssen, wie der Isonzo im Trientiner Karst, der Tarn in den Causses (Südfrankreich), wo dann eine reiche Pflanzenwelt und Kultur sich um die wüstenhafte Natur der Karrenlandschaft schlingt. Die Vereinigung des Wassers zu Flüssen und die Verschmelzung aller Spülformen in ein Thal, beide an der Oberfläche gehemmt, gehen erst in der Tiefe vor sich. Die Karste sind daher auch die Länder der *unterirdischen Flüsse* und der *Höhlenbildung*. Die Karrenfelder aber bleiben immer eine Erscheinung der Gesteinsoberfläche. Man kann sie als eine oberflächliche Auflockerung eines in der Tiefe liegenden Felskernes bezeichnen; daher kommt auch die Leichtigkeit, mit der sie der Zerstörung anheimfallen, so daß das Karrenfeld oft vom Trümmerfeld gleichsam eingehüllt wird.

Man hat gestritten, ob die Karrenfelder durch chemisch auflösende oder durch mechanisch abspülende Wirkungen entstanden seien. Der Augenschein lehrt, daß beide Kräfte miteinander und ineinander gearbeitet haben. Die auflösende Kraft und die Fallkraft des Wassers haben die Karrenfelder erzeugt, indem beide gleichzeitig an zahllosen Punkten ansetzten. Die Arbeit, mit Regentropfen und Regenbächlein oder Schneeschmelzwasser beginnend, schritt von den kleinen Gruben und Rinnen zu Klammen, Trichtergruben und Schächten fort. In den höheren Lagen beteiligen sich die Firnflecke und Gletscher an der Lieferung von Wasser und Fallkraft. Manches Karrenfeld, das heute fern von Firn und Eis gelegen ist, war früher vergletschert. Schneeschmelzwasser scheint die Auflösung des Kalkes ganz besonders zu befördern, doch ist die Entwickelung der Karrenfelder durchaus nicht, wie wohl behauptet worden ist, an die Firngrenze gebunden. Die Unterhöhlung rief manchmal Einstürze und damit neue Gefälle und Angriffspunkte hervor. Der Streit ist müßig, ob besonders die Dolinen durch Spülwirkung oder Einsturz entstanden seien. Die Spülwirkung ist wohl in der Gestaltung der Dolinen, wie in der ganzen Karrenbildung, am wirksamsten. Manche werden aber auch durch Einsturz entstanden sein; sie können zunächst durch Einsturz begonnen und durch Spülung vollendet worden sein, was für viele am wahrscheinlichsten ist. Nicht jede Doline ist also einfach ein ausgespülter „Karsttrichter". Es gibt Dolinen mit senkrechten Wänden und spaltenförmigen Umrissen, und eine genaue Grenze zwischen Doline, Kesselthal und Schlund ist nicht zu ziehen. Dolinen treten auch manchmal in Reihen auf einer Linie geringeren Widerstandes auf, die in Falten oder Spalten des Karstbodens begründet ist.

Gegen Karrenbildung durch Pflanzen, die Studer für wahrscheinlich erachtete, sprechen manche offenliegende Thatsachen. Man findet in den Gebirgsmooren oft genug Bruchstücke desselben Kalksteines, der weiter oben der Träger einer Karrenbildung ist. Diese Stücke zeigen die Spuren der Einwirkung der Pflanzensäuren in einer narbigen, weißen, wie mit Mehl

bestreuten Oberfläche, die im Gegensatze zu der glatten Oberfläche der Karrenrinnen und -steine steht. Jene Bergstürzen entstammenden Felsenmeere, die sich in einen wahren Urwald von Moos gekleidet haben, bewahren unter dieser humusreichen Hülle die Außenseite der Gesteine mit allen Unebenheiten so scharf, als ob sie eben gestürzt und zersplittert wären. Und doch müßten gerade diese fußtiefen Moospolster auch als feuchtigkeithaltende Schwämme die zersetzende Wirkung befördert haben. Daß indessen die in kaum einer Karrenhöhlung fehlende dunkle Erde, durch Wasser ausgelaugt, an der Auflösung des Kalksteins mitwirken könne, soll nicht geleugnet werden.



Gottesackerplateau. Karrenfeld zwischen dem Hohen Ifen und den oberen Gottesackerwänden. 1:5000. Nach Max Eckert. Vgl. Text, S. 547.

Daß man Erdbeben für die Spalten und vulkanische Ausbrüche für die Trichtergruben der Karrenfelder verantwortlich machte, ist zwar noch kein Menschenalter her, aber diese Ansichten können heute für vollkommen überwunden gelten. Dagegen werden künftig mehr als bisher die in der Zerklüftung des Kalkes vorgezeichneten Richtungen der Spülwirkung beachtet werden. Es sind die Karren, Trichter und

Schächte oft sichtlich auf Linien angeordnet, die im Gebirgsbau liegen (s. die Karte, S. 546). Wo Kalk- oder Dolomitschichten senkrecht stehen, wie Blätter eines vom Winde leicht aufgeblätterten Buches, entstehen Rinnen, die zu lang, zu tief, zu regelmäßig parallel sind, um mit Karrenrinnen verwechselt zu werden, sich aber von diesen doch nur durch die bestimmte Richtung unterscheiden, die der Ausspülung gewiesen wurde.

Es gibt auch im Karst eine Weiterentwickelung, wie starr auch die Steinwüste vor uns zu liegen scheint. Abtragung oben und Einspülung unten, Einstürze und Fortwehungen arbeiten an einer Ausebnung, die man dem Einsinken eines in starker Abschmelzung befindlichen Gletschers verglichen hat. Diese Entwickelung ist nicht in allen Fällen ein Rückschritt der Kultur, der Belebung, denn die Einstürze verlegen dem Wasser die senkrechten Wege und begünstigen die Thal- und die Seenbildung; die Anhäufung von Humuserde in den Vertiefungen schreitet fort, und im Ruhezustande wächst langsam, freilich höchst langsam, die Pflanzendecke aus den Höhlungen hervor an die öde Oberfläche.

Zweifellos sind europäische Karstgebiete in den Südalpen und auf der Balkanhalbinsel einst bewaldet gewesen. Durch die gewaltsame Entwaldung ist ihr Felsboden bloßgelegt und die Verkarstung beschleunigt worden. Aber die Entwaldung hat keineswegs überall erst den Karst geschaffen. Der Wald wuchs in den meisten Fällen auf altem Karstboden, dessen Weiterverkarstung er zeitweilig gehemmt hat; die Entwaldung hat dann diesen zeitweilig gehemmten Prozeß wieder weitergehen lassen.

Die Karrenlandschaft.

Die Karrenlandschaft ist trotz des Formenreichtums ihrer Klippen eintönig. Formenfülle im Kleinen, Formenarmut im Großen! Keine Decke von pflanzentragender Erde verhüllt wohlthätig ihre Nacktheit. Ich finde es darum aber doch nicht gerechtfertigt, wenn Hassert die Karstplateaus von Montenegro „ausdruckslos" nennt. Der Ausdruck fehlt der Karrenlandschaft nicht, aber er ist düster, kirchhofsartig. Von einem Karrenfeld ist das Leben nahezu gänzlich entflohen, das hier in ungewöhnlich reichem Maße gewirkt, in allen diesen nun leeren Lücken, Fugen, Becken und Schächten gewohnt hat. Es tröpfelt noch in ein paar Rinnsalen, die durch Schneelager in den tiefsten Brunnenschächten genährt werden, und blüht kümmerlich in den winzigen Moosgärtchen kleiner Trichtergruben, deren schwarze, tiefe Erde mit einer teppichartigen Moosdecke ganz überzogen ist, aus der einzelne grünleuchtende Blättersterne einer Saxifrage hervorstrahlen. An anderen Stätten zerfallen die Körper, bald nachdem das Leben entflohen; hier aber liegt in allen seinen phantastischen Formen das Steingerüste kaum verändert vor unseren Augen. Wohl ist die Bedeckung mit Erde die Bedingung der Anpflanzung neuen Lebens auf dem Steinboden; aber wenn man schon das Steintrümmerfeld tot und erstarrt nennt, bietet selbst noch ein tief in schwarze Humuserde vergrabenes Karrenfeld des Hochgebirges, von dem nur noch die äußersten weißen Klippen hervorragen, vollends das täuschende Bild eines Kirchhofes. Treffend haben die alemannischen Anwohner das große Karrenfeld am Hohen Ifen (Algäu) „Gottesackerwände" genannt (s. die Karte, S. 546).

In der Karstlandschaft herrscht das Grau des Kalksteins. Das Rotbraun der terra rossa und das Grün des Pflanzenwuchses sind dem gegenüber ganz untergeordnet. „Grau ist der Hügel, grau das Thal, grau die Zinnen des Karsthochgebirges, und selbst das leuchtende Weiß der Firnflecke verwandelt sich durch einen schlammigen Überzug in ein schmutziges Grau ... In weiter Ferne senkt sich das blaue Himmelszelt zur Erde nieder, um die am Horizont auftauchenden Gebirge mit einem schwarzgrauen Dunstschleier zu umziehen." (Hassert.) Der grüne

Anflug auf dem Grau der Kalkfelsen ist nicht zufällig ein übereinstimmender Zug im Landschaftsbilde der Karsthöhen, der Jurakämme und der von Karrenfeldern gekrönten Hänge der Kalkalpen, wie Ifen (Algäuer Alpen) oder Tour de Mayen (Berner Alpen), also von Gebieten, die voneinander sehr entlegen sind. Jene Schattierung ist der Ausdruck des dünnen Anfluges von Vegetation in den Gruben und Höhlungen der Karrenfelder, der oasenartigen Verteilung des Lebens in den geschützten Gruben. Hier vereinigen sich in schützender Vertiefung und Umrandung Schatten und Feuchtigkeit mit herausgewittertem Thon und hineingewehtem Staub zur Bildung und Festhaltung des Humusbodens. Daher blühende Gärten in den kleineren Trichtergruben, Ackerbauoasen in den größeren Dolinen, wo wir sogar Weinberge und hochstämmige Bäume an den Hängen finden. „In den ausgedehnteren Wannen des montenegrinischen Karstes liegen ganze Dörfer, und der Wert dieser ‚Treibhäuser des Karstes‘ steigt mit ihrer Größe, so daß die Kesselthäler wahre Kornkammern darstellen. Leider nehmen die zerstreuten Kulturzentren im Vergleich zur Gesamtoberfläche des Karstes einen sehr beschränkten Raum ein, erfreuen sich aber dafür einer um so sorgfältigeren Pflege und Bewirtschaftung.“ (Hassert.)

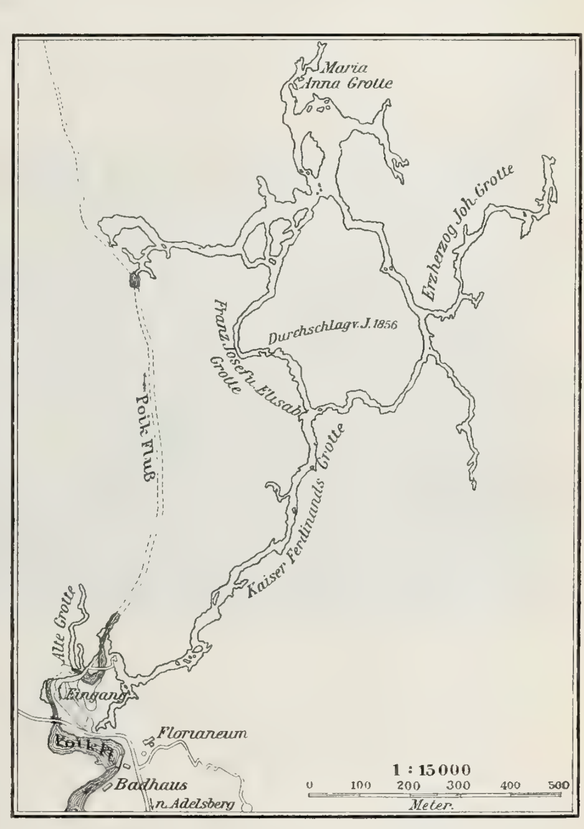
Höhlen und Strudellöcher.

Hohlräume im erstarrenden Gestein finden wir in den Laven, wo die harte Hülle stehen bleibt, während der halbflüssige Kern sich noch bewegt. Es entstehen Lücken unter der harten Decke, welche die Häufigkeit von Höhlen in Vulkangebieten erklären. So muß man sich wohl auch die Entstehung der Höhlen im dichten Granit denken, deren Wände die „Strahler“ aus Bergkristall auskleiden, welche ihnen den Namen Kristallhöhlen verschafft haben. Es gibt aber auch im Granit und in ähnlichen kristallinischen Gesteinen Stellen ungleicher Zersetzung, wo Höhlen herauswittern. Solcher Art sind wohl die Höhlen von mehreren Faden Durchmesser im Granit auf der Südspitze von Dagö (an der Westküste von Esthland), deren Boden zu Lehm zerfallener Granit bedeckt, ferner die häufigen Höhlen im „faulenden“ Granit von Finnland und in dem so ungleich zersetzlichen Granit von Korsika. Diese Höhlen sind besonders dadurch ausgezeichnet, daß ein Rest des Granites, durch Infiltration gelöster Stoffe härter geworden, eine dünne Schale ausbildet, aus der das ganze übrige Gestein herauswittert, wobei natürlich die seltsamsten Formen entstehen, die bald an Riesenkessel, bald an Grotten erinnern, am häufigsten aber ganz eigentümlich sind (vgl. oben, S. 518).

Was die Erde erschüttert, das zerklüftet sie auch, und in diesem Sinne kann man mit Taramelli auch in der Höhlenbildung den „endogenen“ Bodenerschütterungen, d. h. den Erdbeben, eine ursprüngliche Rolle zuweisen. Das erodierende Wasser benutzt dann die Brüche, erweitert sie und setzt sie miteinander in Verbindung. Noch viel mehr wird aber die mit Spaltung, Bruch und Senkung arbeitende Gebirgsbildung die Höhlenbildung begünstigt haben. Höhlenforscher haben in der tiefen nächtlichen Stille Geräusche vernommen, für die sie tektonischen Ursprung annehmen; es könnten dies, wie die Erdbeben, Nachklänge jener gebirgsbildenden (s. oben, S. 203) Bodenbewegungen sein. Die am häufigsten anzutreffende Ursache der Höhlenbildung ist indessen das Wasser, das auflösend und fortspülend vor allem auf die Kalksteine wirkt, in denen auf der ganzen Erde die zahlreichsten und ausgedehntesten Höhlen vorkommen.

Die Wasserhöhlen entstehen in der Weise, daß die Niederschlagswässer in feinen Spalten in die Erde dringen, dieselben erst durch Auflösung, dann durch Ausspülung erweitern, bis endlich die letztere Wirkungsweise in großem Maßstabe zur Anwendung kommen kann, wo dann, bei der vorwaltenden Steilheit aller vom Wasser direkt gebahnten Wege, das stürzende Wasser

mit überwiegender Energie in die Reihe der aushöhlenden Kräfte eintritt. Das Vorkommen der meisten Höhlen in löslichen Gesteinen, wie Gips, Kalk, Dolomit, weist auf die Auflösung als ihre Hauptursache hin, und Auflösung mit darauffolgender Sinterbildung, d. h. Absatz feinkristallinischen Kalkes in dünnsten Schichten, wird auch die Ursache der Neubildungen, die wir als **Tropfsteine**, Stalaktiten kennen. Vielleicht begünstigen Wärme und Kohlensäurereichtum des Wassers in wärmeren Erdstrichen diese Arbeit. Die Halbinsel Malakka weist in ihren schroff aus dem westlichen Küstenland aufragenden Blöcken aus kristallinischem Kalk großartige Höhlengewölbe von 30 m Höhe mit herrlichen Tropfsteinbildungen auf. Auch in Deutsch-Ostafrika haben wir geräumige Höhlen.



Plan der Adelsberger Grotte. Nach Josef Szombathy.

Alle Formen der Tropfsteine hängen von der Art ab, wie die am Bau arbeitenden Tropfen fallen, und diese wieder ist von der Wassermenge und von der Beschaffenheit der Ritzen in den Wölbungen der Höhle abhängig. Fallen die Tropfen in Menge, dann ist keine Zeit zum Verdunsten an der Decke, es bilden sich nur Kalküberzüge auf dem Boden. Fallen die Tropfen auf **eine** Stelle, so wird allmählich ein schmaler, spitzer Kegel heraufwachsen; fallen sie zerstreut, so entstehen die dem Wanderer in Karsthöhlen so lästigen, rundlich glatten Wülste, Buckel, Treppen oder moosartigen Gebilde. Sind die Tröpfchen so klein, daß ihre Schwere sie nicht gleich niederzieht, so verdunsten sie am Gewölbe, und nun wächst der Kalk herab und zwar röhrenförmig, weil sein Absatz um die Tröpfchen herum stattfindet. So entstehen die „Federkiele“, die der Besucher der Adelsberger Grotte kennt. In mancher schweren Stalaktitensäule ist der Hohlraum vom Durchmesser des ersten Tröpfchens noch erhalten. Wo die Tröpfchen nebeneinander fallen, weben sie einen steinernen Vorhang, dessen herrliche Falten an die Schmiegsamkeit des Wassers erinnern. Häufig strebt das Wachstum von oben dem Wachstum von unten entgegen, und es entstehen die in der Mitte eingeschnürten Tropfsteinsäulen, deren Oberfläche die herabrinnenden Wasserfäden mit Riefen, Netzgeflechten und anderem Schmuck bekleiden.

Zugleich zeigen aber die rundlichen Simse und die Schlangenlinien der Wasserläufe an den Wänden der Höhlen die Wirkung der **Flußerosion** in der Höhlenbildung, und die Fälle sind nicht selten, wo es noch gelingt, einen Höhlenzug in ein Flußsystem einzureihen. So ist die Adelsberger Höhle, die größte und schönste Europas, der verlassene Lauf des Poik. Mitteldinge von Höhle und unterirdischem Flußlauf entstehen, wo wir einen versunkenen Fluß in eine Höhle eintreten sehen, wie die Reka in die herrlichen Tropfsteinhöhlen von Divazza. Solche Höhlen

stehen zugleich den Karsttrichtern nahe, oder ihr Eingang ist in einem Trichter oder einer Doline gelegen. Es gibt überhaupt Höhlen, die einem umgestülpten Trichter gleichen, indem ihre enge Öffnung sich plötzlich nach unten erweitert. Auch sieht man in den höhlenreichen Karstländern den Höhlenzügen die Einbrüche in langen Linien folgen.

Die Gestalt der Höhlen ist ursprünglich vom Bau des Bodens abhängig. Sickerwasser erzeugt auf Schichtflächen niedere breite Gänge, längs der Spalten wäscht es schmale und hohe Rinnen aus, und an Durchkreuzungen gräbt es sich schachtartige Abstürze. Wo der Kalkstein innerlich zertrümmert oder stark mit Thon verunreinigt ist, sind dem Wasser sehr unregelmäßige Wege gewiesen, die es sich nach kurzer Spülarbeit selber durch angesammelten Thon verstopft. Es bilden sich dann zahlreiche kurze röhren- und kesselförmige, mit Thon gefüllte Höhlungen nebeneinander, die man wegen dieses geselligen Auftretens geologische Orgeln nennt.



Riesentopfbildungen im Münsterthale, Oberelsaß. Nach L. Brazis.

Fruwirth hat die Höhlen nach ihrer Entstehung in Wasserhöhlen: Wasserwirkung, Spalthöhlen: infolge von Dislokation, Lavahöhlen: durch Vulkanismus, geteilt. Die Einschnitthöhlen L. v. Loczys, die entstehen, wo Hohlräume des Gebirges durch Einschneiden eines Thales geöffnet werden, können irgend einer von diesen drei Kategorien angehören. Andere Benennungen, die auf den Inhalt sich beziehen, wie Eishöhlen, Tropfsteinhöhlen, Gashöhlen, verstehen sich von selbst. Gashöhlen werden immer nur Spalt- und Lavahöhlen, Tropfsteinhöhlen meist Wasserhöhlen sein.

Nicht als eigentliche Höhlen sind die Nischen zu betrachten, die von den Wellen des fließenden Wassers oder auch von denen des Meeres in Uferwände eingewaschen werden, wenn sie auch erhebliche Tiefe erreichen können. Sie mögen teilweise der auflösenden Wirkung der angeschleuderten Wellen ihre Entstehung verdanken, größtenteils aber führen sie gleich den Riesentöpfen auf Spülwirkung zurück. Auch die Zersetzung von Gesteinen von großer innerer Ungleichheit erzeugt Nischen, wie wir an Graniten von Korsika und Finnland und an thon- und mergelreichen Kalksteinen beobachten. Wo in den Kalkalpen solche Gesteine mit harten, dichten Kalkbänken wechsellagern, entstehen ganze Reihen von Nischen, die oft einen interessanten Zug in die „Ornamentik“ des Gebirges bringen. Nischen sind durch den Schutz, den sie gewähren, Stätten langdauernder Firnflecke, und auf ihrem feuchten Boden gedeiht eine kleine Lokalflora von Moosen und Farnkräutern. Das Leuchtmoos findet man in dunkeln, nischenartigen Höhlen im Granit des Fichtelgebirges. Besonders häufig sind nischenartige Aushöhlungen als Werk der Brandungswelle an Steilküsten.

Die Riesenkessel, Riesentöpfe oder Strudellöcher (s. die obenstehende Abbildung und die auf S. 551) sind zwar oft vereinzelte Erscheinungen, sind aber durchaus nicht immer

als nur vereinzelt vorkommend aufzufassen. Sie sind lehrreiche Beispiele für die Erkenntnis der unmittelbaren Wirkung des raschfließenden Wassers auf Felsgestein. Die absteigenden Wirbel drehen Flußgeschiebe im Kreise und höhlen damit mehr oder weniger tiefe Löcher aus, deren Wände nicht selten spiralig gewunden sind. Sehr häufig entstehen solche Ausspülungen am Boden von Gletschern, deren Spalten die Kanäle für das herabstürzende Wasser liefern. Tiefe Riesenkessel, die nicht in einem Thalgrund und nicht im Brandungsbereiche liegen, gehören zu den Kennzeichen der Gletscherlandschaft. Diese nennt man „Gletschermühlen", doch unterscheiden sie sich höchstens durch ihre oft bedeutenden Ausmessungen von anderen Riesenkesseln. In der einst vergletscherten Umgebung des Malojapasses sieht man Gletschermühlen von 11 m Tiefe und 6 m Durchmesser, und im Riesengebirge ist ein großes Strudelloch im Lomnitzthal ein Denkmal der Eiszeit. Wasserfälle bringen natürlich besonders starke Wirbel hervor; man findet am Rheinfall bei Schaffhausen Kessel von 6—12 m Tiefe. Das stürzende Wasser im Wasserfall erzeugt ausgerundete Furchen, Höhlen, Töpfe und Nischen, die oberflächlich karrenfeldähnlich sind. Das gesellige Nahegerücktsein wie bei den Formen des eigentlichen Karrenfeldes kommt aber nur dort vor, wo der Sturzbach seine Stelle zeitweilig verschiebt; da mag dann wohl, ähnlich wie am Grunde des Gletschers, ein Riesenkessel neben dem anderen ausgewirbelt werden.



Durchschnitt eines Riesentopfes. Nach L. Brazis. Vgl. Text, S. 550.

Die kleine Erosion.

Die Kraft des fallenden Wassers, aufzulösen, loszureißen, fortzutragen, zu zerkleinern und wieder abzulagern, kann man an lockeren Gesteinen auf engem Raume und in kurzer Zeit Werke schaffen sehen, zu denen dieselbe Kraft in festen Gesteinen Jahrtausende braucht. Huxley wählte in seiner Physiographie einen schlammigen oder feinsandigen Strand, von dem sich das Meer bei Ebbe zurückzieht, um ein Bild der Erosion des fließenden Wassers auf einer über das Meer sich erhebenden Erdstelle zu geben, und die Ausführung dieser Parallele ist nicht das Übelste an diesem Buche. Aber steilere Schutthalden können vermöge der verstärkten Fallkraft des Wassers diese Wirkungen viel besser zeigen, denn wenn z. B. Bäche ihre Schuttbänke zerschneiden, entstehen an ihren Ufern Miniaturgebirge mit scharfen Kämmen, die begrast sind, oft selbst Bäume tragen, mit Thälern und Terrassen, kurz mit allen Formen eines Gebirges, die von Wasserwirkungen nur abhängen mögen.

An einer Stelle des linken Ufers des Planseeache unterhalb der Stuibenfälle glaubt man auf ein Gebirgsrelief mit sehr scharfen Kämmen herabzuschauen; es sind aber nichts als prismenförmige Schuttwälle mit scharfem Grate und ausgesprochenen Seitenrippen, die zu eigenen Kämmen sich verästeln; an einzelnen Stellen teilt sich ein Kamm und bildet eine elliptische Vertiefung, in der Regenwasser als orographischer See steht.

Aus diesen kleinsten Erosionsformen tritt uns eine ungeheuere Bedeutung entgegen, wenn wir erwägen, daß es immer dieselben Formen sind, durch welche die Zerstörung aller Erhebungen sich vollzieht, und daß der Sand und Schlamm, in den sie ein Gebirge zerfällen, in denselben Formen weiter zerfällt und einst wieder zerfällt werden wird, wenn er als ein neues Gebirge aus dem alten Meer emporsteigt. Die Bedeutung des „still-geschäftigen Wirkens der Erosion" (Baltzer)

liegt eben in dieser Zusammensetzung der großen Erosionswirkungen aus kleinen und kleinsten Wirkungen. Kein Erosionsproblem ist also klein; in allen Erosionserscheinungen sind dieselben Kräfte und Stoffe im Spiele. Gerade deshalb kann ihre Bethätigung im kleinsten Raume so lehrreich sein.

Wenn wir nach Regentagen in einer Landschaft wandern, wo Hohlwege in den von vielen Gesteinsplättchen durchsetzten Schutt des Granites oder thonreicher Sandsteine geschnitten sind, sehen wir an ihren Hängen zahllose kleine Kegel und Pyramiden ausgewaschen, jede mit einem Gesteinsplättchen bedeckt und getrennt durch Rinnen, die von Steinchen, Zweigen, Wurzeln auslaufen. Wenn auch nur wenige Zentimeter hoch, sind sie doch reine Abbilder von den großartigen berühmten Schuttkegeln, die man als Erdpyramiden (s. die Abbildungen, S. 553, 554, 556 und 557) bezeichnet; sie zeigen ungemein deutlich, wie Rinnenbildung und Schutzdecke bei ihrer Entstehung zusammenwirken. Ja, man kann wohl sagen, daß die Bildung der großen Erdpyramiden längst besser verstanden worden wäre, wenn man jene Miniatur-Erdpyramiden etwas genauer beachtet hätte.

Der Finsterbach fließt über die Hochfläche des Ritten (oberhalb Bozen) ostwärts zur Eisack. Nicht weit von seinem Ursprung hat er einen Wall von Porphyrschutt durchbrochen, und auf den beiden Abhängen der Schlucht, in der er hier fließt, stehen die Erdpyramiden (s. die Abbildungen, S. 553 und 557). Der Finsterbach treibt oberhalb dieser Stelle, dort, wo ein Steg auf dem Wege zwischen Lengmoos und Lengstein über ihn wegführt, bereits Mühlen und ist in der unmittelbaren Nachbarschaft der Erdpyramiden bereits zu tief, um durchfurtet werden zu können. An den Stellen, wo die Erdpyramiden sich erheben, beträgt das Gefälle der Schlucht 40—50°. Die Zahl der eigentlichen Erdsäulen ist auf jeder Seite gegen 100, wenn man nur die ausgeprägten zählt, und erheblich mehr, wenn man auch die stumpferen und breiteren Formen mit dazu nimmt. Jene ersteren sind sehr schlank, und die am häufigsten beobachtete Höhe dürfte 6—8 m mit 1—2 m Durchmesser an der Basis betragen. Die höchste schätze ich auf 12 m, eher beträgt die Höhe mehr als weniger. Ihre Form ist nicht die der Pyramide, sondern die des abgestumpften Kegels, welche indessen nie ganz rein zum Ausdruck kommt, weil die einzelnen Kegel nicht frei stehen, sondern an der Basis miteinander zusammenhängen. Auf diesen Zusammenhang, der für die Bildungsgeschichte von Wert ist, muß man Gewicht legen.

Wenn man von der Talferbrücke in Bozen gerade nach Osten schaut, erblickt man unmittelbar unter den herrlichen Dolomiten des Rosengartens eine Gruppe von gelbrötlichen Erdpyramiden, die bei Steinegg in der Schlucht eines kleinen Zuflusses des Tierser Baches stehen. Das sind die Erdpyramiden von Steinegg. Lage, Höhe und Material erinnern durchaus an die Erdpyramiden vom Finsterbach. Einige sind auch in der Form ähnlich, bestehen aus hohen, durch steile Rinnen voneinander gesonderten Schuttwällen, aus deren Kämmen und sogar aus deren Abhängen die Säulen emporstreben. Von ihnen ganz verschieden sind einige einzeln und unvermittelt aus lockerem Schutt emporstrebende stumpfe Säulen. Offenbar hat man hier die letzten Reste einer größeren Gruppe vor sich, deren Fortentwickelung zu größerer Selbständigkeit in der Richtung derselben Steilerosion liegt, aus der die anderen hervorgegangen sind: die Kämme sind immer tiefer eingeschnitten worden, und die einzelnen Säulen sind dadurch und durch die Zertrümmerung ihrer Genossen isoliert worden.

Die Erdpyramiden von Meran stehen in einer Schlucht, die Schloß Tirol von Dorf Tirol trennt; sie ist in eine große Ablagerung geschichteten Gerölles und Schuttes eingegraben. Diese Ablagerung bildet einen von den flachen Schuttkegeln, wie sie im Vintschgau ganz regelmäßig fast vor jeder Thalöffnung hingelagert sind, wo sie selbst dem einfachen Touristen durch ihren sanften Abfall, ihren oft einen fast regelmäßigen Kreisausschnitt bildenden Umriß und nicht am wenigsten durch die weißen Häuser großer Dörfer, die den obersten Teil des Schutthügels einnehmen, und ihre alten, romanischen Kirchtürme auffallen. Schloß Tirol steht auf dem Schuttkegel, in den auch der Tunnel gebrochen ist, durch den der Weg vom Dorfe zum Schloß führt. Die Wände der Schlucht sind sehr steil, oft fast ebenso senkrecht wie das Mauerwerk der Wälle und Türme, die sich über sie erheben, und Erzeugnisse senkrechter Erosion treten in allen Übergängen aus denselben hervor. Zunächst schaut uns auf den vom Dorf zum Schloß führenden Wege eine Wand entgegen, die in einige große, mehr vorspringende Partien durch senkrecht herablaufende Aushöhlungen gegliedert ist. Diese pfeilerartigen Vorsprünge sind selbst wieder

durch ähnlich verlaufende Rinnen kanneliert, und mehrfach laufen diese Rinnen nach oben zusammen, wo die Pfeiler sich verjüngen. Eine extremere Ausprägung dieser Vorsprünge führt durch Verschmälerung und Zuschärfung dieser Vorsprünge zur Bildung von scharf hervortretenden Wänden, welche an die „Flügelwurzeln" tropischer Bäume erinnern. In ihrer eigentlichen seltsamen Großartigkeit treten aber die Erdpyramiden in einer Schlucht gerade östlich gegenüber dem Schlosse hervor. Es besteht diese Schlucht aus einer tiefen Rinne, in die von beiden Seiten her kürzere seitliche Schluchten einmünden. Die Zwischenwände dieser Schluchten sind aber derart scharf ausgeschnitten, daß sie wie Kulissen, oder da, wo sie selbst wieder durch Vertikal-Erosion zerklüftet sind, wie Reihen von Pfeilern nebeneinander stehen. Um ein Beispiel von der Schmalheit und gleichzeitig der Festigkeit dieser Wände zu geben, mag hervorgehoben werden, daß durch eine derselben ein großes Bogenfenster gebrochen ist, um einem Fußweg und einer Wasserleitungsröhre Durchgang zu gewähren. Einige von den Pfeilern sind von Steinen, andre von kleinen Bäumen oder Rasenflecken gekrönt, aber die meisten laufen einfach spitz oder abgerundet zu.

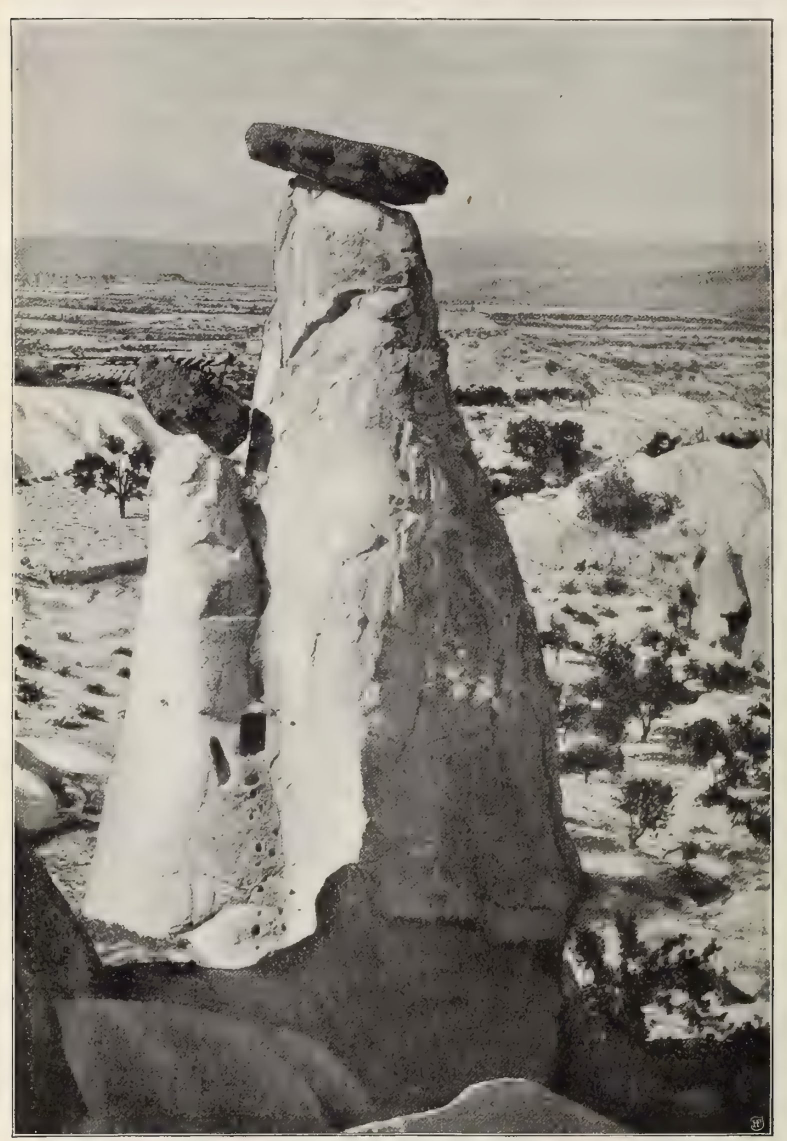


Erdpyramiden am Finsterbach bei Bozen. Nach der Natur. Vgl. Text, S. 552.

Gruppen von weniger ausgebildeten Erdpyramiden in mehr oder weniger deutlicher Ausprägung finden sich ebenfalls in der Gegend von Meran, im Pfonser Thal und im Passeier. Wiederum eine andere Art von Erdpyramiden sieht man bei Patsch im Siehlthal. Es haben dort in den aus dem Stubaithal herausgetragenen Gletscherschutt, wo er in fast senkrechten Wänden abfällt, die Wasser Pfeiler herausgearbeitet, die durch die bloßgelegte Schichtung des Kieses und Lehmes seltsam gebändert aussehen. Diese pilasterartigen Bildungen sind in einigen Fällen im oberen Teile von der Hinterwand losgelöst, ragen aber nicht über Mannshöhe frei empor. Indem die Rinnen zwischen diesen Pfeilern sich nach obenhin erweitern, verjüngen sich die Pfeiler in entsprechendem Maße nach oben, sind auch selbst wieder durch kleinere senkrechte Rinnen gerieft.

Auch in anderen Teilen der Alpen sind die Erdpyramiden weit verbreitet, besonders in den Westalpen; eine schöne Gruppe steht im Val d'Hérens, einem südlichen Seitenthal der oberen Rhone, wo die Landstraße durch einen ihrer vorspringenden Pfeiler gebrochen ist. Auch die Pyrenäen und Karpathen haben Erdpyramiden. In der Auvergne sind sie aus vulkanischem Tuff gebildet, und aus demselben Material hat sie Tenerife aufzuweisen. Die großartigste Tuffpyramidenlandschaft ist aber in Kleinasien im Rücken des Argäus, südlich vom Halys aus weißem Tuff und schwarzer Lava herausgeschnitten: das Wunderland der 20,000 Pyramiden und unzähligen, altbewohnten Höhlen, wo Hügel,

Kegel, Pfeiler und Säulen (s. die untenstehende Abbildung), die mit großen Steinblöcken gekrönt sind, eine der eigentümlichsten labyrinthischen Landschaften bilden. In kleinerem Maße kommt ähnliches in Phrygien und in Nordamerika in den Tuffgebieten Colorados vor (s. die Abbildung, S. 555). Indien hat eine Erdpyramidenlandschaft im nordöstlichen Pendschab am Dschelam in den rötlich gefärbten Vorhügeln der „Salzberge", die von Regengüssen zu so sonderbaren Formen ausgewaschen sind, daß man sie aus einiger Entfernung für Dörfer mit Gäßchen und Gartenmauern, für Pfeiler und Säulen halten kann. In Südamerika stehen Erdpyramiden an den Paranázuflüssen.



Tuffpfeiler mit Höhlen und auflagernden Lavablöcken bei Ürgüb in Kleinasien. Nach R. Oberhummer.

In dem ebenso leicht abschwemmbaren wie wieder erhärtenden Lateritboden Afrikas bilden sich seltsame Bodenformen um so leichter, als die durch diese rote Erde zerstreuten Eisensteinknollen und -platten dem eindringenden Wasser Widerstand leisten. Afrika kann als das Land phantastischer Erosionsformen bezeichnet werden. Besonders sind auch hier erdpyramidenähnliche Bildungen häufig. Emin Pascha beschreibt vom Osten des Nils ein eigentümliches Gelände, zu dem der Weg von Anfinas Inseln am Chor (Flußbett) Lio hinführt: „Es mag ursprünglich sich völlig eben zum Flusse geneigt haben, durch Abspülung ist aber die oberste Decke entfernt worden und nur, wo festere Partien sich dem Abspülen entgegensetzen, sind lange Streifen oder Kämme stehen geblieben, die der englische Ausdruck ‚ridge' (Grat) gut bezeichnet. Ihre Erhebung über das Niveau des Landes ist

verschwindend, dennoch haben sich, ihnen folgend, eine Menge breiter, in der Mitte vertiefter, gewöhnlich Schlamm, Wasser und mächtige Grasvegetation enthaltender Einsattelungen oder Einfurchungen gebildet.“ Erdpyramiden sind dann weiter in den Trichtergruben und Thalkesseln an Flußursprüngen häufig, wo Erdfälle den Boden bloßgelegt haben. Vom Ufer des Chor Baggär beschreibt sie Emin Pascha folgendermaßen: „Etwa 3 m hohe Ufer, auf welchen die Flutmarke 2 m hoch über dem gegenwärtigen Niveau deutlich sichtbar ist, fassen das schnellfließende Wasser ein, das uns zum Oberschenkel reicht und über zahlreiche Felsblöcke rauscht.



Erosionen im Tuff des Markaguntplateaus, Coloradoplateau, Nordamerika. Nach C. E. Dutton. Vgl. Text, S. 554.

Gerade an der Kreuzungsstelle wird das Bett des sonst 15—18 m breiten Chors durch Steinblöcke, zwischen denen tiefe Kanäle liegen, sehr verbreitert, das Wasser drückt auf das südliche Ufer, längs welches pfeilerartig runde gelbe Lehmmassen von etwa 1½ m im Durchmesser, mit üppigem Schilf bewachsen (Reste abgeschwemmten Ufers) sich über das Niveau des Flusses erheben.“ Eine wundervolle Gruppe von decksteinlosen Erdpyramiden, schlanke, vielzerriefte Gestalten, hat Hans Meyer in sandigem Lehm südlich von der Stadt Sansibar beobachtet (s. die Abbildung, S. 556).

Die Erdpyramidenbildung ist nur ein besonderer Fall der Wirkung eines sehr ungleichen Gesteines auf die Schuttabtragung. Diese Wirkung wird stets um so mehr hervortreten, je näher die Abtragung der Steilerosion kommt. In einem solchen Gestein werden immer festere Teile das abrinnende oder eindringende Wasser aufhalten und örtlich verstärken,

wie besonders die Abbildung auf S. 557 zeigt, und dadurch zugleich die darunterliegenden weicheren Teile bis zu einem gewissen Grade schützen. Man kann beide Vorgänge als Konzentration und Schutz bezeichnen. Jeder Felsblock im Schutt wirkt nach demselben Grundsatze wie in der Erdpyramide schützend auf Vor- oder Unterlage, und weiter konzentriert er die Flüssigkeit, die ihn umrinnt. In der subterranen Erosion spielen größere Steinblöcke, die der Feuchtigkeit Bahn brechen und gleichzeitig durch ihr Gewicht nachdrücken, eine große Rolle. Nicht umsonst sieht man sie oft bei den stufenförmigen Abbrüchen des Rasens am Fuße einer Stufe hervorschauen.

An minder steilen Hängen gibt es liegende Erdpyramiden. Sie entstehen, wenn ein dem lockeren Schutt beigemengter Steinblock darüberrinnendes Wasser in zwei Arme gespalten



Erdpyramiden auf Sansibar. Nach Photographie von Hans Meyer. Vgl. Text, S. 555.

hat, die einen Schuttwall zwischen sich lassen. In diesen Fällen ist der Wert des „Decksteins" deutlicher als bei stehenden Erdpyramiden. Dieser Fall führt schon zu jener anderen Art von Konzentration der Wasserwirkung über, wo ein Bach sich gegen ein bestimmtes Hindernis seiner Bewegung staut, wie die Sisale in der Auvergne, die den Lavastrom des Puy de Dome zu bewältigen hat, wobei die Thalsohle schon 20 m tief eingeschnitten ist, während die Lava an ihrer Oberfläche noch wie neugeflossen aussieht.

Für die Erklärung aller dieser eigentümlichen Bildungen spielt ein Punkt eine große Rolle, auf den wir näher eingehen müssen. Es ist selbstverständlich, daß für die Bildung derartiger Erdpyramiden die Verbindung von leichter Verflüssigung und festem Zusammenhang notwendig ist. Ein im Kern sehr ungleicher, mit viel feinem Schlamm versetzter Moränenschutt vereinigt beide Eigenschaften; doch gibt es Erdpyramiden auch in Laterit und in anderen thonreichen

Trümmergesteinen. Nun hat man immer behauptet, die Erdpyramiden hätten auch einen Deckstein nötig, der sie vor dem Regen schütze. „Während rechts und links Material entfernt wird, bleibt durch den Block, wie durch einen Regenschirm geschützt, eine Säule des festen, trockenen Schlammes stehen, unter Umständen 30 m Höhe erreichend. Stürzt der Stein ab, so ist damit der Untergang der Säule besiegelt; sie hält sich noch eine Zeitlang, dann aber unterliegt sie der Abspülung, der sie nunmehr schutzlos preisgegeben ist.“ (Brückner.) Man muß zunächst hinzufügen, sie unterliegt der Abspülung, bis ein anderer Stein bloßgelegt ist, der den Schutz übernimmt. Brückner hat an der Stelle, wo er in seinem Buche „Die feste Erdrinde und ihre Formen“ diese Sätze ausspricht, eine Gruppe Erdpyramiden ohne Decksteine aus dem Himalaya von Spiti abgebildet. Man hätte solche „ungeschützte“ Erdpyramiden auch aus europäischen Ländern abbilden können. Am Finsterbach, wo nach einer leider noch immer reproduzierten schlechten Abbildung Lyells alle Erdpyramiden Decksteine tragen sollen, ist nur der vierte Teil mit solchem Schutzmittel versehen; in der Gruppe von Steinegg sind es zwei, bei Meran wenige, bei Patsch keine. In der Gruppe von Patsch tragen aber einige von den Pfeilern Rasenflecke oder kleine, breitwurzelige Föhren. In einigen Fällen halten die letzteren sogar das Erdreich dachartig vorspringend über dem Pfeiler zusammen. Auch sieht man nicht selten auffallende Gebilde, die dadurch entstanden sind, daß unter dem Steine die Erosion fortgewirkt hat, und so ist die Säule, die denselben trug, durch tief eingeschnittene Rinnen gleichsam in ein Pfeilerbündel aufgelöst, oder es sind sogar zwei oder mehrere Säulen von einem einzigen Stein bedeckt. Auch fällt es auf, daß die Riefelungen an den Säulen und Wänden in der Regel bis zu einem hervortretenden Stein oder Wurzelstück verfolgt werden können, wo das Wasser sich sammelte, und von denen aus es nach unten weiter rann, auf welchem Wege es sich dann diese Rinnen grub. In der That gibt es Halbsäulen oder Pilaster, die dadurch aus der gemeinsamen Masse herausgeschnitten zu sein scheinen, daß von den Rändern eines vorspringenden Steines Wasser herabrann, das die Arbeit des Meißels geleistet hat. Bei Betrachtung derartiger Gebilde, halbfertiger Säulen, sagt man sich, daß diese sogenannten Steine nicht in erster Linie deshalb so wesentlich sind für die Entwickelung der Pyramiden, weil sie einen bestimmten Teil des Schuttes vor der Erosion schützen, als weil von ihren Rändern aus das



Gipfel einer Erdpyramide am Finsterbach bei Bozen. Nach der Natur. Vgl. Text, S. 556.

Wasser einen Eingang in die Schuttmasse sucht und findet und so den Zusammenhang derselben aufhebt und damit zur Säulenbildung den ersten Anlaß gibt. Es ist auch noch zu betonen, daß die Erdpyramiden oft reihenweise deutlich durch eine gemeinsame Grundlage verbunden sind, wie die Gipfel eines Gebirges durch den Kamm und die gemeinsame Gebirgsanschwellung. Wir haben eine Art kleines Gebirge, das zuerst aus einer Schuttmasse herausgeschnitten wurde, und aus dem dann die vertikale Erosion die Erdpyramide herausgelöst hat.

Die Bildungsgesetze der Erdpyramiden äußern sich auch an härteren Stoffen als Schutt. Ein härteres Gestein wirkt wie eine Deckplatte auf weicheres, über dem es lagert, und an seinen Spalten dringt dann die Erosion konzentriert ein. So gleicht die berühmte Chambers-Säule in Zentralaustralien einer Erdpyramide; den Schutz bietet hier ein obenaufliegender harter Eisensandstein, die Säule selbst besteht aus weichem Sandstein. Das Ganze ist 50 m hoch, die härtere Schutzschicht aber nur wenige Fuß dick. Wir werden bei der Betrachtung der Bergformen diesen Grundsatz der Erdpyramidenbildung in großem Maße in der Bildung von Bergen und selbst Gebirgen verwirklicht finden.

In die Klasse der Erdpyramidenbildungen gehören auch die aus weicheren Umgebungen herausgewitterten Formen, welche die unmittelbar darunter liegenden Massen durch ihren Schutz erhalten. Im lockeren Quadersandstein der Sächsischen Schweiz begegnet man dünnen, härteren und dunkleren Platten von unebener Oberfläche, die an die Eislamellen im Firn erinnern. Ihre Lage ist meist horizontal oder nähert sich dem Horizontalen. Bei der Verwitterung bröckelt der Sand ringsum ab, und die Platten stehen dann 10—12 cm hervor. Aus den wasserüberronnenen Felsen treten die harten dunkeln Lamellen auch in vertikaler Erstreckung heraus. An anderen Felsen sieht man sie dicht übereinander gebogen liegen, wie die zerfetzten und zerbogenen Blätter eines Buches, wobei auch einzelne Blätter sich miteinander vereinigen. Ihr Eisenbraun hebt sich besonders in diesen Fällen scharf von der helleren Farbe des Sandsteins umher ab. So wie die unebenen Eisplatten im Firn sich dadurch bilden, daß das Wasser bis zu einer gewissen Tiefe eindringt, wo es mit dem Firn zu einer Platte zusammenfriert, die kein Wasser weiterdringen läßt, so daß sie als dichtere Platte im lockereren Firn liegt, so ist es hier im porösen Sandsein. So weit nun eine solche Platte den darunter liegenden Sandstein bedeckt, bleibt dieser als Konsole oder Leiste erhalten. Dringt aber das Wasser ungehindert durch eine Quadersandsteinplatte, so setzt es an der Unterseite seine festen Bestandteile ab und verursacht hier einen bunten Wechsel von harten und weichen Stellen, die in den bekannten Wabenformen (vgl. die Abbildung, S. 514) zu merkwürdigen Bildungen führen. In allen diesen Fällen liegt der Vergleich mit den Formen an der Unterseite lockeren Schnees, z. B. an Schneebrücken, sehr nahe.

Eine eigentümliche Art von tiefer Erosion mit Nachsinken kommt in Glazialschutt vor, der mit Wasser bedeckt ist. Man kennt sie von der Ostsee und vom Genfer See. Aus einem geröllhaltigen Schutt alter Moränen waschen die Wellen des Sees die feineren Bestandteile aus und lassen nur die faustgroßen und größeren Stücke übrig, die sie in der Regel nicht zu bewegen im stande sind. Immer weiter unterspült, sinken diese tiefer, bis sie ähnlichen widerstandskräftigen Steinen begegnen; mit diesen vereinigen sie sich zu einem steinpflasterartigen Überzug, der den tieferliegenden thonig-erdigen Schuttmassen einen solchen Grad von Schutz gegen Abspülung gewährt, daß ein derartiges Schuttlager, soweit das Steinpflaster schützt, nicht weiter von obenher angegriffen werden kann. Vor der Greifswalder Oie liegt ein solches Steinpflaster, das sich bergartig erhebt. Es spielt sich hier also ein Vorgang ab, der dem bei den Erdpyramiden mit Steinplatten verwandt ist. Wahrscheinlich hilft Treibeis die Steine fester in den Geschiebelehm einrammen. Das Erzeugnis ähnelt den künstlichen Steinbergen, welche die Pfahlbauer aufzuschütten pflegten, und darum hat Forel ihnen den Namen „Ténévières“ beigelegt, den jene im Neuenburger See tragen.

Die Summierung kleiner Kräfte in der Erosion.

Die Wirkungen des Wassers gehören zu den kleinen Kräften, die erst in der Summe groß werden. Dagegen gehören zu den großen Kräften, die man zu kleinen Zwecken in Bewegung setzt, die von der Geologie früher in Anspruch genommenen tellurischen Fluten, die es nicht gegeben hat. Demnach sind auch die ihnen zugeschriebenen Zertrümmerungen von Erdteilen und Aufhäufungen von Gebirgen nicht die Folge großer Katastrophen. Um das Wesen der Erosion zu würdigen, mußten die Geister gewöhnt werden, in kleinen Erscheinungen die Kräfte für große Wirkungen thätig zu sehen. Wenn Alexander von Humboldt, der noch in den „Geognostischen Erinnerungen" sagt: „Die jetzt rinnenden Gewässer haben sich enge Furchen in breiten Thälern ausgegraben. Es sind kleine Naturphänomene, welche den alten, die Unterbrechung des allgemeinen Reliefs bestimmenden Ursachen fremd blieben", den zu seiner Zeit beliebten Ausdruck „Streit der Elemente" brauchte, dachte er an das Wasser nur in der Form der mächtigen Überflutungen. Derselbe Humboldt sagte ja: „Das System der schwachen Kräfte, die langer Dauer bedürfen, befriedigt wenig bei dem Anblick der Erdtrümmer, welche uns heute zur Wohnung dienen." Die gleiche Auffassung leitete die französischen Forscher, welche die Katastrophengeologie eigentlich ausgebaut haben: Deluc, De Saussure und Cuvier. Sie war notwendig für sie, denn sie gingen alle von der Annahme eines so geringen Alters der Erde aus, daß für die summierende Wirkung kleiner Kräfte gar keine Zeit war. Besonders für Deluc lag eigentlich nur in den 5000 Jahren des Alters der Erde der zwingende Grund, Katastrophen zur Erklärung der Erdbildung zu Hilfe zu rufen.

Was die von den Gegnern der Katastrophenlehre so oft betonte Einfachheit ist, „welche die Natur bei allen ihren Werken anwendet", konnte das Studium der Erosionsvorgänge am besten lehren; daher die Umwälzung, die das Studium unbedeutender Vorgänge, die unter unseren Augen sich vollziehen, unmerklich in der Geologie bewirkte. Die immer neu sich bildende, steigende und fallende Wasserhülle, die in den ältesten uns zugänglichen Perioden der Erdgeschichte dieselbe war wie heute, zeigt am deutlichsten, was Lyells „allgemeine Verfassung des Erdballs" ist, die sich in geologischen Zeiten nicht geändert hat. Das ist einer von den wertvollen Begriffen, die man nur zu durchdenken braucht, um sofort Licht über die Formen und Vorgänge der Erdoberfläche sich ausbreiten zu sehen. Allerdings Bedeutung können die kleinen Wasserwirkungen nur gewinnen, wenn man sie mit riesigen Jahresreihen vervielfältigt. Schon James Hutton sagte und Playfair dolmetschte: „Der Zeit fällt die Aufgabe der Summierung der unendlich kleinen Wirkungen zu, aus denen der Fortschritt der Erdumbildung hervorgeht." Das Verständnis für die langsamen, Tröpfchen zu Tröpfchen sammelnden und Körnchen auf Körnchen häufenden Wirkungen des Wassers konnte nur aus dem Studium der Erosionsvorgänge erwachsen, die sich unter unseren Augen abspielen. Ihr Denkmal wird immer Von Hoffs großes Werk „Die natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche" sein, das die Erdoberfläche unter der fortdauernden Einwirkung kleiner Umgestaltungen zeigt. Man führt die Formulierung dieser Lehre gewöhnlich auf Lyell zurück. Doch sind Hutton, Playfair und Von Hoff frühere Vertreter.

„Form ist der jeweilige Ausdruck von Zeit", sagt Rütimeyer, indem er die Beziehungen der Thalregionen zu der Epoche der Thalgeschichte betrachtet und nachweist, wie jeder Teil des Thales zu irgend einer Zeit einer bestimmten Thalregion einmal angehört haben muß. Je mehr man bisher die Zeit vernachlässigt hatte, um so verlockender war der Gedanke, aus dem grundlosen Füllhorn der geologischen Perioden die Jahre hundertmillionenweise herauszuholen und

durch einfaches Anhängen von Nullen aus Einheiten der Erosionswirkung große Erdformen hervorgehen zu lassen. Wer möchte leugnen, daß seit dem die übermäßige Betonung der Summierung kleiner Wirkungen in der Länge der Zeiträume nun ihrerseits einen verflachenden Einfluß auf die erdgeschichtlichen Anschauungen ausgeübt hat? In der Formulierung solcher Sätze wird die örtliche Verdichtung, Verstärkung übersehen, die gewaltige Unterschiede in den Summen der kleinen Wirkungen hervorbringt. Man verwechselt Einfachheit mit Einförmigkeit und vergißt die Auslösung großer Wirkungen durch kleine Ursachen. Die Eiszeit weist uns darauf hin, daß in ganzen breiten Zonen die „allgemeine Verfassung der Erde" wesentlich anders werden kann, als sie heute ist. Das Studium der Bodenformen der Sahara führt auf die Annahme diluvialen Wasserreichtums, wo heute Wüste ist. Und die Erkenntnis der Häufigkeit der langsamen „säkularen" Bodenschwankungen lehrt uns, daß in der Bildung jedes einzelnen Thales Gefällsveränderungen von innen heraus einen sehr großen Einfluß auf den Betrag und die Richtung der Arbeit des fließenden Wassers und Eises geübt haben. Kurz, die Erde liegt den kleinen, auf Summierung arbeitenden Kräften nicht passiv gegenüber, sondern arbeitet durch eigene Hebungen, Senkungen, Vertiefungen an der Umgestaltung ihrer eigenen Oberfläche mit. Diesem Zusammenspielen von Erosion und Erdbewegungen von innen heraus wird man immer mehr Beachtung schenken müssen. Man ist bereits darüber einig, daß in der Bildung von tiefen Spaltenthälern, Durchbruchsthälern, Seebecken und Fjorden der Wechsel der Höhenlage des zu durchschneidenden Steinwalles mit herangezogen werden müsse, der die Erosionsvorgänge an derselben Stelle sich wiederholen ließ. Wir werden bei der Thalbildung darauf zurückkommen.

Aber man wird sich auch daran gewöhnen, in der Erosion die Veranlassung von inneren Bewegungen zu sehen, denn die Verlagerung von großen Gesteinsmassen kann nicht ohne Wirkung auf die darunter liegende Masse bleiben. Wie sollte die Abtragungsarbeit von Jahrhunderttausenden nicht Spannungsunterschiede auslösen, so gut wie Luftdruckänderungen (s. oben, S. 205) es vermögen? Auf die erste Erosion würde dann das folgen, was Baltzer sekundäre Erosion genannt hat. Diese sekundäre Erosion tritt z. B. ein, wenn durch primäre Erosion Thaleinschnitte entstanden sind, mit denen sich das komplizierte Gewölbe eines Gebirges ins Gleichgewicht setzen muß; die erste Folge sind Spannungsänderungen, die in Rissen, Spalten, Reliefänderungen sich kundgeben. Und diese bieten einer zweiten Reihe von Erosionswirkungen neue Seiten, Zugänge, Angriffspunkte, wodurch das Spiel fortgesetzt wird, solange es Unterschiede auszugleichen gibt. Über diese unmittelbaren Wirkungen hinaus liegt die allgemeine Thatsache, daß jede Erosion die Berührungsfläche zwischen dem Boden, dem Wasser und der Luft vergrößert; sie vermehrt selbst durch Zerschneidung der einfachen geothermischen Zonen die Ausstrahlungsflächen der Erdwärme.

Mit der auf allen Seiten zu hörenden Beteuerung, daß die moderne Erdoberflächenkunde nur mit dem Grundsatz arbeite, daß große Veränderungen auf die Summierung kleiner und kleinster Umgestaltungen beruhten, steht nicht ganz der Umstand im Einklang, daß die Einzelforschung diesem Grundsatz noch nicht überall nachgekommen ist. Noch sind bei weitem nicht alle Saugwürzelchen bloßgelegt, aus denen große Erdumgestaltungen ihre Nahrung gezogen haben. Man sehe einmal die Versuche an, die Eiszeit zu erklären. Darin spukt noch viel Katastrophengeist; aber noch viel mehr in dem trägen Voranterliegenbleiben aller Vorstellungen über die Gründe der Bewegungen aus dem Inneren der Erde heraus, seien es Vulkanerscheinungen, Erdbeben oder Strandverschiebungen vor der Idee des glühendflüssigen Erdinneren. Unsere Ansicht über diesen Punkt haben wir oben, S. 106 u. f., klarzulegen gesucht. Auch der geographische Unterricht wird nur gewinnen, wenn er eindringlicher als bisher die Wirkungen der kleinen und alltäglichen Kräfte seinen Schülern vor Augen führt, indem er ihre Übereinstimmung mit den größten Erdgestaltungskräften einprägt und damit die Bedeutung und Würde des „Alltäglichen" hebt.

Die Abtragung.

Das atmosphärische Wasser und die Luft lösen Teilchen, oft auch größere Teile, von der Erdoberfläche los und führen sie fort, um sie an einer anderen Stelle abzulagern. Die betroffene Stelle der Erdoberfläche verliert dadurch an Masse und wird niedriger. Man pflegt das „Denudation" zu nennen. Wir ziehen aber den Namen „Abtragung" vor, der das Wesen des Vorganges vollkommen klar zeichnet. Denudation ist Entblößung; weder die Massenverminderung ist damit ausgedrückt, noch die Erniedrigung. Denudation ist also im Grunde ein schlechtes Bild. Außerdem wird es auch manchmal für andere Vorgänge gebraucht, z. B. für die Abtragung durch Brandung, die wir Abrasion nennen. Das atmosphärische Wasser wirkt auch bis unter die Erdoberfläche, wie uns die Verwitterung gezeigt hat (vgl. S. 511 f.). Ganz richtig hat man daher die Erniedrigung eines Kalksteinplateaus unter der Wirkung der Luft und des atmosphärischen Wassers mit dem Zusammensinken eines Gletschers in der Sommerhitze oder der allseitigen Abtragung eines auf allen Seiten abblätternden Sandsteinblockes verglichen. Steht solchen Vorgängen die Denudation anders als ein hohles Wort gegenüber?

Die Abtragung eines größeren Gebietes kann immer nur sehr ungleich sein. Man versucht ihre Abschätzung nach der Flußfracht an gelösten und schwimmenden Stoffen. Dabei kommen allerdings die in vielen Gegenden nicht unbedeutende Abtragung durch Wind und die mit keinem Grade von Sicherheit zu schätzende Bewegung von Sand und Geröll am Boden der Flüsse nicht mit in Rechnung. Auch was von Salzen des Bodens in die Vegetation übergeht, erscheint nicht in den Summen der festen Bestandteile, die ein Fluß als Ergebnis der Arbeit von Tausenden von Quellen und Bächen in das Meer oder in einen See führt. Und als besonders große Teile des Schuttes bleiben die unberücksichtigt, welche die Gletscher, Quellen und Flüsse unterwegs ablagern. Wenn der Rhein jährlich 1,7 Mill. cbm Schlamm und 5,6 Mill. cbm gelöste Stoffe in die Nordsee führt, so ist dies wohl ein großer Teil, aber durchaus nicht das Ganze der Gesteinsmasse, die von den 160,000 qkm des Rheingebietes in einem Jahre abgetragen wird. Auch wo die durchschnittliche Abtragung kleinerer Gebiete geschätzt wird, können die Ergebnisse der Berechnung nicht bis zu der vollen Summe der Abtragung vordringen. So beruht die Angabe von Albert Heim, daß das Reußgebiet jährlich um 0,242, das Kandergebiet um 0,381 mm abgetragen würden, auch bloß auf Schätzung der Geschiebe und der gelösten Massen, welche diese Flüsse aus den Gebirgen herausführen. Die Reuß führt jährlich 146,000 cbm (nach anderen 200,000) in den Urner See, die Kander 370,000 in den Thuner See, ebenso wie die Ache 142,000 in den Chiemsee, der Rhein 47,000 cbm in den Bodensee führt. Und dennoch begrüßen wir solche Schätzungen mit der Hoffnung, daß sie uns durch ihre Vervielfältigung die wichtigsten Fehler, die ihnen anhängen, erkennen und endlich zu einer Vorstellung von dem Betrag der Abtragung in größeren Gebieten, vielleicht in ganzen Zonen, gelangen lassen werden. Schon jetzt besitzen wir Schätzungen der Abtragung für das ganze bekannte Land der Erde. Die vorsichtigste, von Penck angestellt, nimmt 1 m in 1440 Jahren an. Vergleichen wir damit die oben angegebenen Beträge für das Reuß- und das Kandergebiet, so erhalten wir eine Abtragung um 1 m in 4700 Jahren für das erstere, in 2600 Jahren für das andere. Gern möchte man an solche Größen auch die Hoffnung knüpfen, daß sie uns einst mit einem Maßstab für geologische Zeiträume beschenken werden; aber es ist leider unmöglich, den Betrag der sehr großen Steigerungen und Verlangsamungen der Abtragung auch nur zu ahnen, die durch Hebungen und Senkungen und durch Klimaschwankungen bewirkt werden.

Von einer ganz anderen Seite her, nämlich aus dem Vergleiche der mutmaßlichen ursprünglichen Höhe der Alpen mit der gegenwärtigen, hat Heim den Schluß gezogen, daß in diesem Gebirge die Hälfte von dem abgetragen sei, was die Gebirgsstaukräfte gehoben hätten, und Arnaud hat aus dem Vergleich des pliocänen und des heutigen Laufes der Durance die nicht weit davon abweichende Ansicht geschöpft, daß die Alpen seit der älteren Pliocänzeit um 2000, seit der jüngeren um 700 m abgetragen worden seien.

Daß die Abtragung ein uralter Prozeß ist, der vor vielen Millionen Jahren geradeso und mit denselben Stoffen und Werkzeugen arbeitete wie heute, dafür liegen die negativen Beweise in der Wegräumung von Schichten von Tausenden von Metern bis auf kleine Reste, die positiven in den erhaltenen Lagern alter Gerölle und Sandsteine. Wenn man im Rotliegenden am Rande des Harzes zahlreiche Gerölle von echten Harzer Gesteinen findet, sieht man die abtragende und fortschaffende Thätigkeit des fließenden Wassers deutlich vor sich. Gerölle, zu nagelfluhähnlichen Gesteinen verkittet, liegen am Fuße der Alpen und der Anden, und im südlichen Himalayavorland sind die Trümmer des Hochgebirges so lange, nämlich seit der älteren Tertiärzeit, aufgeschichtet und so mächtig, daß sie bereits selbst wieder zu Gebirgen emporgefaltet sind. Gerölle, deren Muttergestein längst verschwunden ist, findet man in den älteren Formationen. Im Kulmkonglomerat Mitteldeutschlands kommen z. B. Gerölle unbekannten Granits vor, die in Form, Größe und Lage ganz dem Bachschotter von heute gleichen. Und gerade so ist die Verlagerung der Stoffe an der Erdoberfläche schon in der silurischen Zeit vor sich gegangen. Nur die Fäden des Lebens sind ein wechselnder Einschlag in der immer aus demselben Geröll, Sand, Thon u. s. w. bestehenden Kette der Ablagerungen.

VII. Bodenformen.

1. Höhen und Tiefen.

Inhalt: Die Höhen der Erde. — Die Höhe über dem Meere. — Mittlere Höhen und Tiefen. — Höhe und Form. — Tiefland und Hochland. — Tiefsenken oder Depressionen. — Die Tiefen und Formen des Meeres: Die Meerestiefen. — Die Kontinentalstufe. — Die Tiefseebecken. — Die Bodenformen der Ozeane. — Die Bodenformen der Mittelmeere und Randmeere.

Die Höhen der Erde.

Wenn man die Darstellung der Verteilung des Landes und des Wassers über die Erde hin als die erste rein geographische Aufgabe bezeichnen kann, so ist die Darstellung der Höhen und der Tiefen sicherlich die zweite. Denn darin kommen einmal alle die angesammelten Ergebnisse der inneren Erdbewegungen und der äußeren Eingriffe durch Verwitterung, Zerfall und Abtragung zum Ausdruck, zum anderen sind die Höhenunterschiede die Grundlage der Formverschiedenheiten der Erdoberfläche; aus beiden Grundthatsachen aber ergießt sich eine Fülle mächtiger Wirkungen in die Wasser- und Lufthülle, in das Klima und über das Leben. Wohl sind die Höhenunterschiede der Erdoberfläche nicht groß, und man darf wohl sagen, daß, wenn eine flüssige Metallkugel erstarrte, sie größere Unebenheiten aufzuweisen haben müßte als die Erde. Es ist die Kleinheit der Unebenheiten auf der Erdoberfläche, die uns in Erstaunen setzt, nicht ihre Größe. Aber was ebenso unser Erstaunen erregen muß, das sind die großen Wirkungen dieser kleinen Unterschiede. Schon auf dem Gipfel des Pik von Orizaba in 5400 m ist der Luftdruck fast nur noch halb so groß wie am Meere, und die durchschnittliche Jahrestemperatur ist in 4060 m auf dem Pikes Peak im Felsengebirge nur um 1,1° wärmer als in Grönland unter 73°. Pikes Peak hat eine mittlere Jahrestemperatur von — 7,1°, Upernivik in Grönland von — 8,2°. Der Juli hat dort 4,4°, hier 4,8°, der Juni ist sogar auf dem Felsengebirgsgipfel um 1,2° kälter als in Upernivik. Schon mit 1500 m hebt sich der Berg der gemäßigten Zone in die kalte Zone hinein und wird um so mehr eine eigene kleine Welt, je höher er ist. Schon die Schneekoppe hat eine arktische Flora; und ein grönländisches oder spitzbergisches Klima ist hier nur durch Höhenunterschiede von ein paar tausend Metern, durch Weglängen von ein paar Stunden von der übrigen mitteleuropäischen Welt geschieden. Jeder höhere Berg ist eine Insel polnäheren Klimas und damit eine Hegestätte entsprechender anderer Lebensbedingungen und Lebensformen.

Versuchen wir einmal, um die Bedeutung dieser Differenzierung der Erdoberfläche im Sinne der Höhe zu erfassen, uns eine Schöpfungsgeschichte der Pflanzen und Tiere ohne Berge vorzustellen, wir würden zu fast ebenso einförmigen Ergebnissen kommen, wie wenn wir uns

eine Schöpfungsgeschichte ohne Inseln mit ihrer isolierenden, konservierenden Thätigkeit denken wollten. Dabei bleibt aber doch stets das erste Gesetz der Unebenheiten der Erdoberfläche ihre Unterordnung unter die Größe und Gestalt der Erde. Die Höhen und Tiefen sind viel zu klein, als daß sie die Form der mächtigen Erdkugel beherrschen könnten. Bei einem Erdradius von 6365 km ist eine Erhebung von 9 km = 9000 m nur ein Siebenhundertstel desselben, kann also nur sehr unbedeutend auf der Gesamterde hervortreten. Unbeschadet ihrer großen örtlichen Bedeutung bleibt sie in den großen Organismus unseres Planeten eingeordnet. Das zweite Gesetz ist die Einheitlichkeit der Höhen und Tiefen nach Ursprung, Höhen- und Tiefenverhältnissen und Grundformen. Herkömmlicherweise betrachtet man die Höhen und die Tiefen der Erde als durch den Meeresspiegel streng geschieden. Aber dieser Wasserspiegel ist etwas Zufälliges im Verhältnis zum Lande, dessen Formen sich ohne Unterbrechung unter ihm fortsetzen, so wie sie über ihm liegen. So wie wir an einem klaren Tage die Gletscherschrammen der Ufer eines Bergsees sich einige Meter in die blaue Tiefe fortsetzen sehen, erkennen wir Rundhöcker auf dem Fjordgrunde. Trockenes Land ist gesunken; das Wasser griff darüber hin, hat aber noch nichts dazu gethan und nichts weggenommen.

Denken wir uns von der Erdoberfläche das Meer weg, so erheben sich aus weiten Vertiefungen, deren Boden von vielen Unebenheiten durchzogen wird, die Festlandmassen und Inseln. Ihre breiten Fundamente sind mit dem Boden jener Vertiefungen verwachsen, einige bauen sich stufenförmig auf, andere schroff, wieder andere flach. In einer ziemlich gleichmäßigen Höhe ist bei fast allen diesen Erhebungen eine stufen- oder terrassenartige Abflachung zu bemerken; das ist die Kontinentalstufe. Darüber sind einige flach abgeschnitten, andere wellig, und die meisten zeigen weitere Erhebungen von zum Teil großer Masse und Länge: die Hochländer. Manchen von diesen sind wieder gestreckte oder mehr rundliche Erhebungen aufgesetzt, meist dicht gedrängt nebeneinander: die Gebirge. Unschwer erkennt man also, daß bei aller Eigentümlichkeit der einzelnen Festländer sich im Höhenaufbau vom Meeresboden bis zur höchsten Gebirgskette die gleichen Grundformen wiederholen. Von der tiefsten jetzt gemessenen Tiefe im südlichen Stillen Ozean bis zum höchsten Gipfel des Himalaya, durch 18,000 m also, baut sich Stufe auf Stufe: Festländer über Meeresboden, Hochländer über Festländer, Gebirge über Hochländer. Dabei wiederholen sich über und unter dem Meere die großen Züge, die hier wie dort durch die Faltungen, Hebungen und Senkungen des Bodens hervorgebracht worden sind.

Bodenformen werden auch praktisch in vielen Fällen besser verstanden werden, wenn wir sie von ihrer zufälligen Ausfüllung mit Meerwasser befreien. Wenn ein Fjord ein mit Meerwasser gefülltes Thal ist, dann wird es gut sein, das Meerwasser weg zu denken und den Fjord als Thal mit einem Thal zu vergleichen. Es kommt in Fjorden und in Gebirgsseen häufig vor, daß die größte Tiefe in ihrem Hintergrund liegt. Auch hier ist es gut, nur die Becken zu sehen und den Unterschied von Süß- und Salzwasser ganz beiseite zu setzen.

Die Höhe über dem Meere.

Durch den Meeresspiegel werden alle Erhebungen des Festen in zwei Hauptstufen zerlegt: die eine liegt unter dem Meere, die andere darüber. Wir messen beide, indem wir vom Meeresspiegel auf- oder abwärts steigen: der Montblanc liegt 4810 m über dem Meeresspiegel, die tiefste Stelle der Ostsee liegt 323 m unter dem Meeresspiegel. Diese Sonderung scheint auf den ersten Blick künstlich zu sein, zumal der Meeresspiegel geschichtlich eine schwankende Größe ist. Dennoch hat die Unterscheidung in über- und untermeerische Höhen eine natürliche Berechtigung. Wir werden die Bodenformen über und unter dem Meere kennen lernen; sie sind

die Wirkungen grundverschiedener Vorgänge. Was über dem Meere liegt, ist Boden des beweglichen Luftmeeres und wird von den Gewässern durchschnitten, die nach dem Meere rinnen; es ist der Schauplatz der Verwitterung, des Zerfalles und der Versetzung durch Wind, Wasser oder Eis. Was unter dem Meere liegt, ist der Boden ruhender Wassermassen, auf den jahraus jahrein der vom Lande hergetragene Staub und der im Meere selbst erzeugte Kalkniederschlag leise hinabschwebt. Ein großer Teil der Vorgänge, die man Erdgeschichte nennt, liegt in dem Hinabtauchen unter und in dem Aufsteigen über den Meeresspiegel. Die Lage zu diesem hat also auch eine erdgeschichtliche Bedeutung. Eben erst gehobener Meeresboden liegt auf dem Meeresspiegel wie auch sinkendes Land, ehe es unter ihn hinabtaucht, um als Land zu verschwinden. Von der Höhe des Meeresspiegels hängt also auch endgültig die Größe der Land- und der Wasserflächen der Erde ab.

Man nennt die vom Meeresspiegel an gemessene Höhe absolute Höhe, die von irgend einem anderen Punkte an gemessene aber relative Höhe. Die absolute Höhe ist die Erhebung über die ideale Fortsetzung des Meeresspiegels unter allen Festländern und Inseln. Relative Höhe ist jeder Höhenunterschied zweier Orte auf der Erde. Die Kapelle auf dem Gipfel des Wendelsteins in Oberbayern liegt 1839 m über dem Meere, das ist ihre absolute Höhe; das Kirchenpflaster des Dörfchens Bayrisch-Zell am Fuß des Wendelsteins liegt 1038 m über dem Meere, das ist ebenfalls eine absolute Höhe; die Höhe der Wendelsteinkapelle über Bayrisch-Zell (801 m) dagegen ist die relative Höhe des Wendelsteins. Diese Ausdrücke absolute und relative Höhen leiden darunter, daß die Seehöhe, welche man die absolute nennt, eigentlich auch nur relativ ist. Absolut ist nur die vom tiefsten Meeresboden an gemessene Höhe.

Ebenso senken wir vom Meeresspiegel aus das Lot in die Tiefe und messen die Entfernungen des Meeresbodens vom Meeresspiegel als absolute Tiefen und die Tiefenunterschiede als relative. Die größte absolute Tiefe des Atlantischen Ozeans liegt mit 8340 m dicht unter den Antillen, und die relative Tiefe des Azorenplateaus ist dann 6000 m über diesem Tiefgebiet.

Wenn wir von Höhen über oder Tiefen unter dem Meeresspiegel sprechen, folgen wir einem Gebrauch, der zwar praktisch immer berechtigt bleiben, wissenschaftlich aber nie sicher zu begründen sein wird. Dem Glauben, im Meeresspiegel eine Normalfläche für alle Höhen- und Tiefenmessungen gefunden zu haben, hat man entsagen müssen. Dieser Spiegel ist nicht immer ein Planspiegel, er schwillt häufig zu einem Konvexspiegel auf und sinkt zu einem Konkavspiegel ein; auch stellt er sich sehr oft schräg. Der Meeresoberfläche haftet also etwas Unbestimmbares an, das die Folge ihrer beständigen Beweglichkeit ist. Nicht bloß die Wellen und die Gezeiten ändern den Stand des Meeres, es gibt noch andere, schwerer zu kontrollierende Ursachen für Sinken und Steigen des Meeresspiegels. Die beständigen Winde, die Verdunstung, die Anziehung des Landes wirken zweifellos in dieser Richtung. Auch die Dichte des Meeres ist verschieden und bewirkt, daß das Meer sich aus Säulen von verschiedener Höhe zusammensetzt. Darum ist es auch nicht gelungen, durch Bestimmung des sogenannten mittleren Niveaus eine allgemeine, gleiche Meereshöhe zu gewinnen. Ebensowenig ist es bis jetzt möglich gewesen, diese Schwankungen zu berechnen. Man kennt eben nicht alle Ursachen, die ihnen zu Grunde liegen. Deshalb ist man darauf angewiesen, immer und immer wieder Beobachtungen darüber anzustellen und zu vergleichen. Diese mühsame Arbeit ist gegenwärtig im Gange; doch kann man schon heute sagen, daß auch sie nicht auf ein einziges, mittleres Meeresniveau führen wird. Es kann zwar als erwiesen angenommen werden, daß das Mittelmeer ungefähr 13 cm niedriger liegt als die Ostsee, die Nordsee und der Kanal; aber ähnliche Unterschiede scheint es

auch zwischen verschiedenen Abschnitten dieser nördlichen Meere zu geben. So hat die Ostsee nicht eine mittlere Höhe oder Mittelwasser, sondern jeder Ort hat ein anderes Mittelwasser, und im ganzen steigt es von Holstein bis Memel um 0,5 m. Darum hat man es auch aufgegeben, die Höhenmessungen der verschiedenen Länder auf eine einzige Meereshöhe zurückzuführen, die doch nur eine Abstraktion wäre. Den früher im Meeresspiegel gesuchten Nullpunkt, der dort nie ganz genau festzuhalten war, bestimmt man jetzt in einem Observatorium, wo er der genauesten Beobachtung ausgesetzt ist. So beziehen sich also jetzt die Höhenangaben des Deutschen Reiches auf den Normalnullpunkt des Berliner Observatoriums, der möglichst dem mittleren Stande der Ostsee bei Swinemünde und dem Nullpunkte des Amsterdamer Pegels entspricht. Der Spiegel des Adriatischen Meeres bei Triest, den die österreichischen Generalstabskarten als Nullpunkt annehmen, liegt 46 cm tiefer als dieser deutsche Normalnullpunkt.

Mittlere Höhen und Tiefen.

Die Erdteile, als Aufwölbungen der Erde betrachtet, deren untere Fläche die Verlängerung des Meeresspiegels ist, haben die bekannte Flächenausdehnung (s. oben, S. 271) und eine Höhe, deren mittleren Betrag man erhält, wenn man, die Berge in die Thäler, die Gebirge in die Tiefländer tragend, die zahlreichen Unebenheiten ausgleicht, bis eine Platte von gleichförmiger Höhe entsteht. Das heißt: man beseitigt alle Unterschiede der Form, um eine abstrakte mittlere Größe zu erhalten. Die Höhe dieser Platte ist die mittlere Höhe des Erdteils. Nach den neuesten Ermittelungen von Penck (1893) beträgt sie für Asien 1010, für Afrika 660, für Südamerika 650, für Nordamerika ebenfalls 650, für Europa 330 und Australien 310 m.

In jeder von diesen mittleren Festlandhöhen steckt doch auch insoweit eine Andeutung der Form, als die Höhe der Aufwölbungen über den Meeresspiegel, ihre Ausbreitung und ihr Zusammenhang die mittlere Höhe mitbestimmen. So ist in der großen Zahl für Asien der massige zentralasiatische Kern, in derjenigen für Afrika der den Bau des Erdteils fast durchaus beherrschende Hochlandcharakter, in denen für Nord- und Südamerika die Übereinstimmung der aufbauenden Elemente beider Erdteilhälften mit angedeutet. Aus den angegebenen Höhen zieht man als allgemeinste Höhenzahl 735 m für die mittlere Höhe des Landes überhaupt.

A. von Humboldt versuchte zum erstenmal, für große Länder die mittleren Erhebungen aus dem Vergleich von Einzelmessungen zu bestimmen, deren Zahl zu seiner Zeit natürlich noch sehr klein war. Er hat für Asien 350 m, für Amerika 284 m, für Nordamerika 328 m, für Südamerika 345 m, für Europa 205 m bestimmt. Für die mittlere Höhe der Festländer überhaupt nahm er 158 Toisen an, d. h. ungefähr 300 m. Danach schätzte er denn auch Afrika und Australien, für die es zu seiner Zeit durchaus noch keine genügenden Zahlen gab, zu 308 m.

Für uns haben die Zahlen für die mittleren Höhen des Landes und der Festländer dadurch an Wert gewonnen, daß wir neben sie die Zahlen für die mittleren Tiefen der Meere setzen können. A. von Humboldt verfügte noch über keine einzige zuverlässige Tiefseemessung. Wir schätzen heute (mit Karstens) die mittlere Tiefe des Meeres überhaupt abgerundet auf 3500, die des Stillen Ozeans auf 3800, des Indischen Ozeans auf 3600, des Atlantischen Ozeans auf 3150, und wir dürfen getrost annehmen, daß die Vervielfältigung der Lotungen diese Zahlen nicht mehr wesentlich verändern wird. Die mittlere Tiefe des Meeresbodens ist das mittlere Niveau, von welchem die Erhebungen der Festländer und Inseln ansteigen. Man kann sagen: die mittlere Tiefe des Meeres ist gleich der mittleren Höhe der Basis des Landes. Dieser sehr wichtige Ausgangspunkt darf nicht vergessen werden über der herkömmlichen Teilung aller Höhen der Erde in die zwei Klassen der übermeerischen und untermeerischen. Gehen wir von

3500 m als der mittleren Basis der Festländer aus, so erhalten wir für das Volumen des Meeres 1280 Millionen cbkm, für das des Landes 610. Die beiden verhalten sich wie 1:2,1. Wir haben bereits oben auf die erdgeschichtliche Bedeutung dieses Verhältnisses hingewiesen.

Betrachten wir endlich, wie die wichtigsten Höhenstufen über die Erde verteilt sind, so liegen (nach Gilberts Schätzung) zwei Fünftel der Erdoberfläche in Tiefen zwischen 3400 und 4900 m unter dem Meere, ein Viertel in Höhen zwischen 300 und 1500 m über dem Meere. Der Rest verteilt sich auf die größten Tiefen und Höhen und die Übergänge der beiden großen Tief- und Hochgebiete.

Wenn man mit Tillo die Höhenverhältnisse nach den Zonen berechnet, so ergibt sich die größte mittlere Höhe von 1350 m in der Zone zwischen 30 und 40° nördlicher Breite auf der nördlichen Halbkugel und von 830 m auf der südlichen Halbkugel in der Zone zwischen 10 und 20° südlicher Breite. Die geringste mittlere Höhe von 360 m liegt auf der Nordhalbkugel in der Zone zwischen 60 und 70° nördlicher Breite und auf der südlichen Hemisphäre in der Zone zwischen 50 und 60° (400 m). Diese Zahlen gehören einstweilen zu den geographischen Merkwürdigkeiten, die noch keine Verwertung in der Forschung oder der Lehre finden können. Wer möchte aber leugnen, daß nicht auch die Zonenverteilung der Festlandhöhen einst geogenetisch betrachtet werden könnte? — Der Ausdruck „mittlere Höhe" wird übrigens auch in anderem Sinne gebraucht, und zwar um die durchschnittliche Höhe eines Landes ohne seine Gebirge zu bezeichnen. Wenn Sievers in „Asien" von Tibet sagt: „Es hat eine mittlere Höhe von mindestens 4000 m, so daß das Hochland selbst dasjenige von Bolivia an Höhe noch übertrifft", so ist die mittlere Höhe der Hochebene gemeint, dem die Gebirge aufgesetzt sind, aber ohne die Gebirge. Um Mißverständnisse zu meiden, müßte freilich in solchem Falle der Gegenstand genannt werden, dessen mittlere Höhe man angeben will.

Höhe und Form.

In jeder Unebenheit der Erde liegt ein Unterschied der Höhe und ein Unterschied der Form. Will man die Unebenheit beschreiben, so nennt man zunächst ihre Höhe oder ihre Tiefe über oder unter einem bekannten Punkt, und dann bezeichnet man ihre Form: Der Ochsenkopf im Fichtelgebirge ist eine 1008 m hohe, flache Kuppe; der Vesuv ist ein 1 01 m hoher, vulkanischer Doppelkegel. Während die Höhe bei einer einfachen Unebenheit immer in einer einfachen Zahl gegeben werden kann, ist die Form meist nicht so einfach zu bezeichnen. Wer vermöchte mit einem Worte oder auch mit einer Reihe von Worten den Aufbau der Zugspitze zu bezeichnen, in dem Mauer- und Turmformen mit prismatischen Pfeilern und Klippen vereinigt sind? Angesichts dieser Schwierigkeit verzichtet man in kurzen Beschreibungen gewöhnlich auf die Angabe der Form und nennt nur die Höhe, indem man etwa sagt: Die bayrischen Kalkalpen erheben sich in der Zugspitze zu 2960 m. Es wäre immerhin möglich, besonders in diesem Falle, die Form durch den Zusatz „schroffe Zinne" anzudeuten, ebenso wie der Vesuv als flacher Kegel bezeichnet werden könnte; aber solche Angaben sind immer unbestimmt im Vergleich mit der abschließenden Zahl. So hantieren wir in der Geographie auch mit allgemeinen Begriffen, in denen nur Höhenvorstellungen stecken: Hochland, Tiefland, Berg, Hügel. Man muß diese nicht zusammenwerfen mit anderen Begriffen, in denen mit Höhenvorstellungen Formvorstellungen verbunden sind. Es ist ein Unterschied, ob ich sage: das norddeutsche Tiefland, oder ob ich sage: die norddeutsche Tiefebene. Tiefland meint das Land, das im allgemeinen so tief ist, daß es sich nicht über 200 m erhebt, Tiefebene will mehr sagen, und zwar mehr als recht ist. Denn im norddeutschen Tiefland gibt es weite Strecken, die wellig und hügelig sind, und so ganz eben sind nur wenige. Man kann also von einem norddeutschen Tiefland, sollte aber nicht von einer norddeutschen Tiefebene sprechen. Die richtigste und kürzeste Beschreibung dieses Landes müßte vielmehr lauten: ein Tiefland von teils flachen, teils welligen und hügeligen Formen.

Tiefland und Hochland.

In der Geographie werden Tiefländer und Flachländer, Hochländer und Hochebenen oft zusammengeworfen. Es ist indes nötig, sie auseinanderzuhalten. Tiefland ist ein Begriff der Höhe, Flachland ein Begriff der Form. In dem Begriffe Tiefland liegt etwas Meßbares, während Flachland nur ein morphologischer Begriff ist. Tiefland ist daher abstrakter, aber umfassender. Wenn ich von dem norddeutschen Tieflande spreche, so weiß ich genau die Höhen, zwischen denen es gelegen ist, wenn ich dagegen von einem patagonischen Flachlande spreche, so habe ich höchstens die allgemeine Vorstellung von einem langsamen schrägen Ansteigen. Es ist ganz ähnlich mit dem Worte Tiefe für Tiefgebiete des Meeresbodens, das nichts über deren Form aussagt.

Daß die Bezeichnung Tiefland keine bloße Abstraktion, wenn auch ein sehr umfassender, allgemeiner Begriff ist, lehrt ein Blick auf die Stelle, die es auf der Erde einnimmt. Zu seiner Natur gehört große räumliche Ausbreitung, denn es dankt räumlich großen Prozessen seinen Ursprung. Die Zuschüttung seichter Meeresteile, vielleicht beschleunigt durch langsame Hebung des Bodens, die Abtragung mächtiger Gebirgszüge, die ungestörte Lage einer uralten Schichtenfolge: das sind alles große Ursachen der Bildung von großen Tiefländern. Daher die weite zusammenhängende Verbreitung der Tiefländer in allen Norderdteilen, in Australien, im östlichen Südamerika. Von einem Hochlande herabschauend, sehen wir das Tiefland meergleich hinausziehen, bis es mit dem Meer in eins verschwimmt. So ist es in Wirklichkeit der Übergang zum Meere für die Flüsse, die im Tieflande sich ausbreiten, für die Tieflandküste, die ein einziger breiter Saum des Überganges ist, für das ozeanische Tieflandklima und endlich selbst für die Völker, die sich in Tieflandsitzen am engsten mit dem Meere verbinden.

Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem geologischen Aufbau und der Höhe. In einer spätgehobenen, vulkanreichen Insel wie Java ist alles über 2000 m Vulkan, fast alles unter 100 m rezent und quartär, der größte Teil der dazwischenliegenden Höhen tertiär. Aber auch in größeren Gebieten liegen in der Regel und naturgemäß die jüngsten Formationen, außer örtlich beschränkten Fluß- und Seeabsätzen, am tiefsten. Daher die ausgedehnten Tertiär-, Diluvial- und Alluvialtiefländer.

Das Tiefland ist in seiner Verbreitung von der Regel beherrscht, daß es in ausgedehnten Massen in der Nähe der Meere gelagert ist. Das größte Tiefland der Erde finden wir in einem Streifen von wechselnder Breite rings um das Nördliche Eismeer. Ausläufer dieses Tieflandes erstrecken sich weit südwärts: in Nordamerika bis zum Golf von Mexiko, in Europa bis an die Karpathen, in Asien bis an den Südrand des Kaspisees. Die Tieflandgrenze gegen das Hochland ist deswegen eine große Natur- und Kulturgrenze. Unterägypten und Oberägypten, Niederdeutschland und Oberdeutschland zeigen den Unterschied in der Bewässerung, im Klima und im Völkerleben.

Von Europa liegen nach Penck unter 1000 m 93,7 Prozent, von Asien 70,8, von Afrika (nach Heiderich) 51,4, von Australien 98,7, von Nordamerika 80,2, von Südamerika 83,1, von allem Lande der Erde (samt Inseln) 88,3 Prozent. Nehmen wir das Land unter 200 m als Tiefland an, so haben wir in Europa 62,1, in Asien 26,2, in Australien 32,1, in Afrika 14,6, in Nordamerika 34, in Südamerika 45,5, in allem Lande der Erde 35,3 Prozent Tiefland.

Man ist über die obere Grenze des Tieflandes oft im Zweifel, weil eine einfache Höhenlinie, etwa von 200 m, nicht in verschiedenen Geländen und unter verschiedenen klimatischen Bedingungen gleichberechtigt sein kann. Wenn wir aber die erdgeschichtliche Stellung des Landes erwägen, das so wenig über das Meer ansteigt, die Geringfügigkeit der Klima- und

Vegetationsverschiedenheiten innerhalb 200 m, die unbedeutenden Einwirkungen der Wasser- und Eiserosion auf einem so wenig geneigten Boden, endlich die allgemeine Ähnlichkeit der Lebensbedingungen, so will uns diese Grenze keineswegs unnatürlich vorkommen. Sie ist natürlicher als die Meerestiefengrenze der Kontinentalstufe (vgl. S. 573) in der Gestalt des Küstenabfalles. Allerdings schneidet die 200 m-Linie nicht bloß Ebenen von Bergen ab, sie schneidet auch durch Steilküsten und Gebirgsabhänge. Aber was unter 200 m liegt, ist doch im allgemeinen verschieden genug von dem, was darüber liegt, um abgegrenzt werden zu können. Selbst in den langsam wellig ansteigenden Llanos von Venezuela und in den Pampas überschreitet man bei 150—200 m die Grenze zwischen dem angeschwemmten und dem sandigen, mehr steppenhaften Lande. Selbstverständlich wird über die Zuweisung eines Gebietes zum Tieflande der vorwaltende Charakter entscheiden. Die Niederlande haben in der Provinz Limburg Höhen bis zu 315 m, aber was bedeutet das bei einem Lande, von dem zwei Fünftel unter oder kaum über dem Meere liegen? Die obere Tieflandgrenze bei 300 m zu legen, kann nicht empfohlen werden; denn je weiter man diese Grenze vom Meeresspiegel wegrückt, um so künstlicher und willkürlicher wird sie.

Der Gipfel jeder Erhebung liegt in einer Linie, die man vom Mittelpunkte der Erde aus zieht und über die Erdoberfläche hinaus in die Atmosphäre verlängert. An dieser Radiallinie messen sich zwei Lageeigenschaften der Erhebung; dieselbe zeigt nämlich, daß ihr Gipfel weiter vom Erdmittelpunkt entfernt ist als die übrige Erdoberfläche, und zugleich, daß dieser Gipfel ebendadurch einer höheren Schicht der Atmosphäre angehört. Das sind die beiden Grundeigenschaften alles Hochlandes. Wenn ich ein Pendel auf einem Berggipfel langsamer schwingen sehe als am Fuße des Berges oder gar am Meeresufer, so erkenne ich darin die Entfernung des Berggipfels vom Erdmittelpunkt. Und wenn ich auf dem Sonnblick um 14° weniger mittlere Jahreswärme finde als in dem nahen Klagenfurt, so sehe ich darin die Wirkung der Thatsache, daß der Berg seinen Gipfel 2700 m näher dem kalten Weltraum entgegenreckt. In diesen Thatsachen liegt die Begründung einer Anschauung, für welche Erhebungen zunächst nur Träger von Höhepunkten sind, die also die große Mannigfaltigkeit der Formen und der horizontalen Ausdehnung außer Betracht läßt. Als solche stehen die Berge in direkter Beziehung zum Erdmittelpunkte, die in der Schwereverschiedenheit zwischen Gipfel und Basis sich ausspricht, und diese ist das Erste und zugleich das Größte, was von ihnen ausgesagt werden kann. Der Erhebung wird dadurch eine besondere Stelle im Erdorganismus angewiesen. Sie erhält unabhängig von ihrer Gestalt eine Aufgabe in der Entwickelung der Erdoberfläche, die neben und über der morphologischen eine physiologische Betrachtung erheischt. Ja, der Berg ist in diesem Sinne gar nicht als Körper von gewissen Eigenschaften zu bestimmen, sondern als Träger eines höher gelegenen Punktes der Erde, und damit ist zugleich das Vorhandensein einer Anzahl von Abstufungen ausgesprochen. Das klingt sehr abstrakt. Wenn aber im Volksmunde der Montblanc und der Turmberg beide zunächst einfach Berge sind, so spricht sich darin ganz dieselbe vorwiegende Betonung des Höhenverhältnisses aus. Im Hochlande löst sich ein Stück der Erdoberfläche aus der Masse heraus und hebt sich in eine Höhe, wo es unter andere Bedingungen der Schwere und des Klimas kommt. Die einzelnen Teile, die das Hochland zusammensetzen, streben nach der Tiefe zurück, unterstützt von Luft und Wasser, das Hochland muß an Höhe und Masse abnehmen, die es umgebenden Hohlformen der Erde füllen sich dafür aus.

Derselbe Höhenunterschied, der die Ausgleichung von Schwereverschiedenheiten im Festen hervorruft, wirkt noch viel stärker auf die flüssige und luftförmige Hülle unserer Erde ein, die

durch die Erhebung mit aufgehoben ist und sich zu ihr wie die Konvexform zur Hohlform verhält. Das Flüssige rinnt ununterbrochen vom Hochlande dem Tieflande zu, das Luftförmige umkreist das Hochland, steigt auf der einen Seite unter Wärmeverlust an und sinkt an der anderen unter Wärmeentwickelung herab.

Das hochgelegene Land ist auch allen Kräften, die von oben her wirken, am nächsten, es reckt sich den kühleren Regionen und den Wolken entgegen, es empfängt zuerst die Regenschauer, die Schneefälle, die Hagelgeschosse, die Wolkengüsse, seine Ausstrahlung bringt ihm die häufigsten Tau- und Reiffälle. Die Wasser stürzen seine Seiten am raschesten hinab, reißen die tiefsten Furchen, graben sich bis in sein Eingeweide ein. Am wenigsten wird es geschützt durch das Kleid aus Humusboden, der mit Wiese oder Wald bedeckt ist. Der Berg empfängt die häufigsten Blitzschläge. Das Hochland ist daher der Zerstörung am meisten ausgesetzt, um so mehr, als alle Trümmer, die es liefert, von ihm wegstreben, um an seinen Flanken, an seinem Fuße abgelagert zu werden. Das Ende des Hochlandes ist, daß es auf die Tieflandstufe zurückkehrt, über die es hinausgewachsen war. Wir kennen Teile der Erde, die den Übergang von Tiefland zu Hochland und die Rückbildung von Hochland zu Tiefland mehreremal in verhältnismäßig engen Zeiträumen erlebt haben, z. B. im norddeutschen Tiefland.

Tiefsenken oder Depressionen.

Beschränkte Gebiete außerhalb der Meere liegen entweder trocken oder als Seen tiefer als der Meeresspiegel. Einige davon bezeugen ihre Zugehörigkeit zum Meere durch die Lage in nächster Nähe desselben, wie die größte von allen Tiefsenken, die aralokaspische Senke, die vom Pontusgebiete nach Osten zieht, und in deren tiefster Stelle der Kaspische See 26 m unter dem Meere liegt. Da dieser See 1098 m tief ist, liegt der Boden der aralokaspischen Depression heute in einer Tiefe von 1124 m. Bis zu 5 m unter dem Meere reichen die Depressionen im Rhein- und Maasmündungsgebiete, die ein Viertel der Fläche des Königreichs der Niederlande einnehmen. Solche ursprünglich durch nehrungsartige Landstreifen abgesonderte und später durch Deichbauten dem Meere abgewonnene und gesicherte Tiefgebiete findet man hinter allen Flachküsten und besonders in den Deltaländern. Auch die Maremmen in Italien liegen zum Teil unter dem Meere. Korallenriffe schließen Tiefsenken vom Meer ab; auf diese Weise ist das Salzbecken von Arro in Abessinien entstanden. Auch die Auswürfe von Küstenvulkanen haben manchmal ähnlich gewirkt.

Sehr verbreitet sind kleinere Tiefsenken im Trockengebiete, wo in vom Meer abgeschlossenen Becken Meer- wie Seewasser verdunstet. Unter ihnen bildet einen Übergang zu den Flußmündungstiefsenken die Colorado-Depression zwischen der Mündung des Colorado in den Golf von Kalifornien und den Jacintobergen, die 90 m unter dem Meeresspiegel erreicht. Ihr alkalihaltiger Sand enthält Reste von Meerestieren; aber 1890 bildete sich in einem Teile der Depression durch den Einbruch des Coloradoflusses ein neuer See. Auch die dem unteren Nilgebiet angehörigen Tiefsenken des Fayûm (—60 m) mit Birket el Kerûn (—43 m) gehören hierher. Das Wadi Natrun oder Thal der Natronseen ist eine engumschriebene Senke, die aus der Gegend von Gizeh sich bis zu einer flachen Meeresbucht westlich von Alexandria erstreckt, mit Tiefen von 1—2 m. Dagegen sind trockene Lagunen oder Einbrüche in der Nähe der Küste die Schotts von Algerien und Tunesien (Schott Melrir —31 m), an die das Projekt eines „Saharameeres" anknüpft, das allerdings nur ganz beschränkte Gebiete bedecken würde; das Schott von Dscherid liegt bereits 20 m über dem Meere. Hierher gehören ferner das Todesthal in

Südkalifornien (nach Wheeler —33, nach anderen —50 m) und die Tiefsenke des Assalsees zwischen dem Ostfuße des abessinischen Hochlandes und dem Roten Meere (Seespiegel —174 m).

Eine Reihe von Tiefsenken liegt vom Meere entfernt in Einbruchsgräben: die merkwürdigste im Herzen Innerasiens, wo sich zwischen der Senke von Turfan und dem Becken des Tarim ein 150—200 km breites Gebirge, der Beishan, mit Gipfeln von 2700 m und Pässen von 1500 m als ein wasserloses Wüstengebirge erhebt. Vor dem steilen Nordrande dieses Gebirges liegt die Depression von 51 m unter dem Meere mit dem Salzsumpf Assa. Sie ist Teil eines Grabenbruches, der sich ostwärts bis zu dem Wüstensee Schananor erstreckt. Die berühmteste Einbruchssenke ist jener tiefste Teil des Grabens Ghôr, der vom Roten Meere bis zum Libanon zieht (s. oben, S. 247); in ihr steht das 75 km lange Tote Meer, dessen Spiegel 395 m, dessen Sohle 795 m unter dem Mittelmeere liegt. Solcher Art sind auch die nördlichen Oasen der Libyschen Wüste (Siwah —30, Aradsch —70 m); Audschila liegt bereits wieder 40 m über dem Meere, so daß von einer großen, etwa zusammenhängend unter Wasser zu setzenden Depression, an die noch Rohlfs glaubte, auch hier keine Rede sein kann. Diese Oasen sind eben durchaus vereinzelte Einbruchsgebiete. Als Erzeugnisse von größeren Senkungen, die alte Thäler unter den Meeresspiegel setzten, erscheinen uns jene zahlreichen tiefen Süßwasserseen, deren Spiegel über dem Meere liegt, während der Boden tief darunter hinabreicht. Unter vielen nennen wir den Comersee, der 414 m tief ist, und dessen Spiegel 213 m über dem Adriatischen Meere liegt.

Der Boden der Tiefsenken ist wegen des Mangels jedes Gefälles oft völlig flach, thonig, in den trockenen Klimaten mit Salz durchsetzt, das auskristallisiert oder gesättigte Solen bildet. Den Boden der Tiefsenke von Arro in Abessinien bildet eine Gipslage, der ein Sandwall aufgelagert ist, hinter dem die Salzebene aus Salzschollen und -kristallen sich wie ein gefrorener See ausbreitet. In der aralokaspischen Senke sind vollkommen gesättigte Salzseen zu finden. Das Tote Meer mit fast 22 Prozent Salz ist nahezu gesättigt, dagegen stehen in den meernahen Tiefsenken der Deltaländer und anderer Flachküsten Süß- oder Brackwasserseen. Erdöl und Asphalt sind in den salzreichen Senken nicht seltene Vorkommnisse: Baku, Totes Meer. An den Wänden der Tiefsenken zeigen Uferterassen in verschiedenen Höhen höhere Wasserstände früherer Zeiten an.

Die Tiefsenken gehören in ihren geschützten Lagen zu den wärmsten Teilen der Erde. Im Todesthale der Mohavewüste Südkaliforniens kommen höchste Wärmegrade von 50° und die vielleicht beispiellose mittlere Julitemperatur von 39° vor. Die Niederschläge sind gering. Daher tropische Vegetation, wo süßes Wasser herantritt, und tropisches Tierleben, selbst in der Tiefsenke des Ghôr, wo eine Reihe von südasiatischen Formen oasenweise auftritt. Die unmittelbaren Umgebungen der salzgetränkten tiefsten Stellen sind allerdings lebensarm, wie der Name Totes Meer und die daran haftenden Verfluchungssagen bezeugen.

Die Meerestiefen.

Die Tiefen des Meeres sind im Vergleich mit den Maßen des Erdballs ebenso klein wie die Höhen des Landes. Die tiefsten Stellen reichen wenig über 9000 m hinab; sie liegen im südlichen Stillen Ozean, südöstlich von den Tonga-Inseln. Andere große Tiefen liegen im nördlichen Stillen Ozean östlich von den Kurilen, vielleicht auch östlich von den Marianen, und im mittleren Atlantischen Ozean östlich von den Großen Antillen.

Es weisen auf:

9430 m Stiller Ozean unter 30° 28′ südl. Breite 176° 39′ westl. Länge
8510 m Stiller Ozean unter 44° 55′ nördl. Breite 152° 56′ östl. Länge

8340 m Atlantischer Ozean unter 19° 39′ nördl. Breite 66° 26′ westl. Länge
7370 m Atlantischer Ozean unter 0° 11′ südl. Breite 18° 15′ westl. Länge
6200 m Indischer Ozean unter 9° 18′ südl. Breite 105° 28′ östl. Länge
6270 m Amerikanisches Mittelmeer unter 19° nördl. Breite 80° 10′ westl. Länge
6500 m Australasiatisches Mittelmeer
4850 m Europäisches Nordmeer
4400 m Eurasisches Mittelmeer.

Die mittlere Tiefe des ganzen Weltmeeres, die wir nach Karstens auf 3500 m schätzen, macht nur 1/1820 des Erdhalbmessers aus. Das bedeutet, daß man sie auf einem Globus von 1 m Durchmesser nicht einmal fühlbar darzustellen vermöchte. Das Meer ist also eine seichte Ansammlung breit ergossener Flüssigkeit. Nach den Ergebnissen neuerer Messungen im Südmeer und in den beiden Eismeeren kann man eine Vergrößerung der Zahl für die mittlere Tiefe für möglich halten; sie wird aber nicht beträchtlich sein.

Die Sicherheit, mit der wir jetzt die mittlere Tiefe des Meeres aussprechen, ist eine der wertvollsten Errungenschaften der modernen Geographie. Sie ist hauptsächlich ein Werk der letzten zwei Jahrzehnte. Die 1879 von Otto Krümmel berechnete Zahl 3440 stimmt schon nahe mit der 1894 von Karstens angegebenen von 3500. Dazwischen haben Murray und Von Tillo nach verschiedenen Methoden 3800 m, Penck und Supan 3650 m berechnet. Das sind keine großen Schwankungen mehr im Vergleich mit den älteren Schätzungen, die auf keiner einzigen guten Tiefenmessung beruhten, während in den letzten Jahren weit über 10,000 Tiefseemessungen vorgenommen worden sind, ungerechnet die Hunderttausende von Lotungen im seichteren Wasser der Küsten und Meeresstraßen. Als Laplace und Thomas Young aus der Gezeitenbewegung eine mittlere Meerestiefe von 4800 m schätzten und Laplace die Meinung aussprach, es könne ebensowohl tiefe Becken im Meere geben, wie hohe Berge in den Festländern, aber da der Schutt der Länder in die Meere geführt werde, seien die größten Vertiefungen des Meeres vermutlich geringer als die höchsten Berge der Erde, handelte es sich nur um Annahmen. A. von Humboldt lehnte noch im „Kosmos" jedes Urteil mit den resignierten Worten ab: Die Tiefe des Ozeans und des Luftmeeres sind uns beide unbekannt. Ohne Überhebung können wir nun sagen: die Tiefe des Ozeans ist nahezu bekannt. Schon kann die Zweihundertmeter-Linie an vielen Küsten ganz zuverlässig eingezeichnet werden, die Tiefen der Nord- und Ostsee, des Nordatlantischen Ozeans und einiger Teile des mittleren Stillen Ozeans können mit hinreichender Genauigkeit angegeben werden, und als vor einigen Jahren über 600 neue Tiefseemessungen im Nordatlantischen Ozean vorgenommen wurden, veränderten sie nur unwesentlich die bisherigen Tiefenkarten. Selbst für das Gebiet der größten Tiefen, der südpacifischen Senke (Aldrich-Tiefe Murrays), liegen bereits 35 Lotungen vor. Das Wichtigste ist aber, daß aus so vielen Tausend Einzelbeobachtungen eine große und einfache Ansicht von den Höhen und Tiefen der Erde gewonnen wurde. Es bedeutet besonders die Erkenntnis des Gegensatzes von Kontinentalerhebung und Tiefenregion eine wesentliche Vereinfachung des ganzen Erdbildes.

Leicht vergißt man bei der Betrachtung einer Karte, auf der Höhen- und Tiefenlinien des Landes und des Meeres eingetragen sind, den Wertunterschied zwischen beiden. Der Topograph, der ein Gelände vermißt, sieht ununterbrochen die Höhen und Tiefen und die Formen des Bodens vor sich; dagegen dringt der Blick des Vermessers eines See- oder Meeresbodens nur wenige Meter in die Tiefe, und für alle die Tiefenunterschiede und Bodenformen, die darunter liegen, muß das Loten das Gesicht ersetzen. Das Loten ist aber nur ein Tasten, und was zwischen den wirklich festgelegten Punkten auf der Karte angegeben ist, das ist nicht wahrgenommen, sondern vermutet, geschätzt. Man wird also der Darstellung der untermeerischen und auch der unterseeischen Bodenformen immer nur den Wert von schematischen Bildern beilegen können, in denen viele Einzelheiten übergangen oder nicht ganz naturtreu gezeichnet sind; das ist ganz besonders von denen zu beherzigen, welche Formen des Meeresbodens mit Landformen vergleichen. Man hat vorgeschlagen, alle geloteten Stellen mit Punkten zu bezeichnen, um rasch die Summe unseres Wissens von der Tiefe eines Meeresteiles oder Sees überschauen zu können.

Die Kontinentalstufe.

Nach einer Berechnung von John Murray liegen 7 Prozent des ganzen Meeresbodens zwischen 1 und 100 Faden (1 Faden = 1,829 m). So viel Raum nimmt ungefähr der Küstenabfall ein, der in der Regel bis zu der angegebenen Tiefe reicht, öfters aber auch bis 400 m, an anderen Stellen aber nur bis 50—80 m. Dieser Streifen bedeutet einen breiten Saum, in dem das Land sich ganz allmählich zum Meere senkt: die Kontinentalstufe oder das Kontinentalplateau. Es ist eine Bildung, die in vielen Beziehungen dem Lande noch näher verwandt bleibt als dem Boden der Tiefsee. Es ist das Fundament der großen landnahen Inseln und der meisten Halbinseln, das Gebiet der Deltas und Mündungsgolfe, der terrigenen, d. h. vom Lande abgespülten Ablagerungen, der Schauplatz der den Meeresboden aufwühlenden Meereswellen und der Seichtwasserströmungen und, nicht zuletzt, des reichen Pflanzen- und Tierlebens der sogenannten Küstenzone. Ganz in die Kontinentalstufe fallen seichte Randmeere, wie die Nordsee, das Gelbe Meer. Dagegen sind die großen Meeresströmungen aus den Meeren der Kontinentalstufe ausgeschlossen, und organogener, d. h. von den Organismenresten gebildeter Schlamm wird nur auf tieferen Stufen des Meeresbodens abgelagert. Um endlich die Eigentümlichkeit dieser obersten Tiefenzone des Meeresbodens zu vollenden, folgt auf sie ein steiler Abfall, den am besten die Thatsache beweist, daß der neunmal breitere Gürtel von 100 bis 1000 Faden nur 10 Prozent des Meeresbodens einnimmt. Das ist, wie W. Carpenter sich ausdrückte: der wirkliche und der scheinbare Festlandrand. Demgemäß beginnt z. B. der wirkliche äußerste Atlantische Ozean etwa bei der Insel S. Kilda.

Daß die Formen des trockenen Landes grenzlos auf den Meeresboden übergehen, verkündet uns die Breite der Kontinentalstufe vor flachem Lande, ihre Schmalheit vor Hochland. Dem norddeutschen Tiefland liegen die Nord- und Ostsee an, beides seichte Randmeere, im Grunde nichts als Überschwemmungen von tieferen Stücken dieses Tieflandes; dagegen liegt das östliche Mittelmeer mit einer Tiefe von 3000 m gerade dort der Küste Kleinasiens gegenüber, wo der Akdagh (Lykien) sich zu 3000 m wie aus dem Meere erhebt. Das oben Gesagte verkünden noch deutlicher die untergetauchten Thäler, von denen wir einige Beispiele bei der Betrachtung sinkender Küsten kennen gelernt haben (s. oben, S. 213, 426 u. f.). Wir möchten noch an die Meerenge von Chalkis, ein zwei Senkungsfelder verknüpfendes Erosionsthal, und an die Wahrscheinlichkeit erinnern, daß die Dardanellen ein untergetauchtes Thalstück sind.

Durch die Entwickelung der Meere aus sich aneinanderreihenden Versenkungen werden Teile miteinander verbunden, die ursprünglich getrennt waren. Die Beringstraße gibt dafür das beste Beispiel. Sehr verschiedenartige Gebilde werden auf diese Weise ein Ganzes. So ist vielleicht das Marmarameer ein alter Golf des nördlichen Schwarzen Meeres, das vor dem südlichen bestand, und dieser Golf mag sogar älter als das Ägäische Meer und die Dardanellen sein.

Die Tiefseebecken.

Die Gestalt der Meeresbecken ist durchaus nicht so sanft und vermittelt, wie man sie früher gern annahm. Fast zwei Drittel des Meeresbodens liegen unter 2000 Faden, sind also Tiefseeboden. Als Petermann seine ersten, für seine Zeit vortrefflichen Tiefseekarten schuf, war man immer geneigt, sanfte Abdachungen zwischen den spärlichen damals bekannten Tiefen zu zeichnen. Die Vervielfältigung der Lotungen hat eine Reihe der überraschendsten Steilabfälle an deren Stelle gesetzt, und wir sehen heute sehr große ausgedehnte Tiefregionen, die sich scharf gegen

die Festlandfundamente absetzen. Das plötzliche Abstürzen des Meeresbodens in große Tiefen in einiger Entfernung vom Festland wurde zuerst bei der atlantischen Kabellegung beobachtet.

An diese Erkenntnis des Übergewichtes der Tiefen in den Meeresbecken schließt sich die umfassendere Vorstellung von einem Grundgesetz der Verteilung der Tiefen und Höhen auf der Erde an: zahlreiche und ausgebreitete Tiefen, wenig zahlreiche und beschränkte Höhen. Einer mittleren Meerestiefe von 3500 m liegt eine mittlere Landhöhe von nur 735 m gegenüber. Es ist überraschend, daß die größten Höhen und Tiefen, 8800 und 9400 m, fast miteinander übereinstimmen, während die mittleren Höhen und Tiefen so weit auseinandergehen. Denken wir uns, wir stiegen aus den Tiefen des Weltmeeres empor, so wie man sich an einem Gebirge erhebt, so ist uns, wenn wir zurückblicken, alles, was unter 4000 m liegt, eine einzige weite Tiefsee, so wie etwa bei einer Gebirgsbesteigung in den Anden von Peru oder Bolivia man sagen würde: was höher als 4000 m liegt, ist alles eigentliches Hochland.

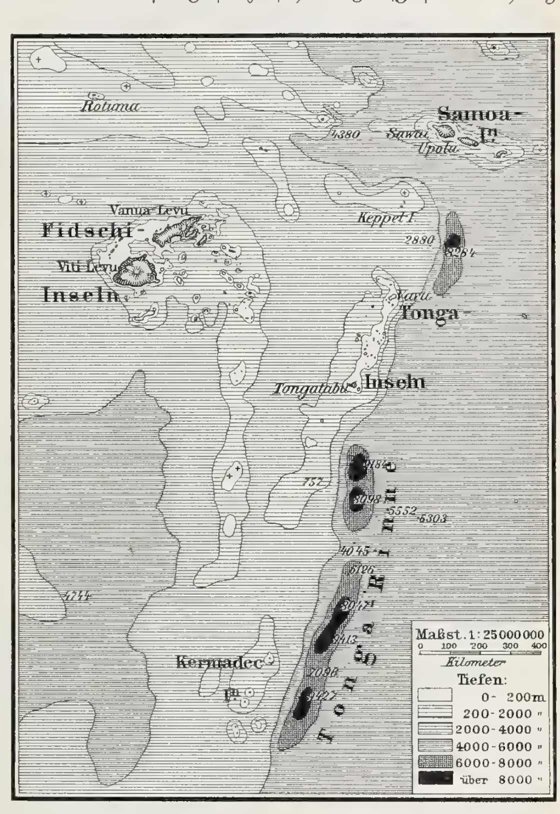
Was nun als massige Erhebung vom Meeresboden aufragt, nennen wir Rücken, wenn es sich beträchtlich abhebt, Schwelle, wenn es nur eine flache Anschwellung ist, und Berg, wenn es vereinzelt emporsteigt. Kommen die Rücken oder Berge dem Meeresspiegel so nahe, daß sie für die Schiffahrt Bedeutung gewinnen, so werden sie als Bänke auf den Seekarten verzeichnet (vgl. das Kärtchen, S. 582). Die Rücken sind von Meer zu Meer verschieden gelagert und gestaltet, doch ist eine gemeinsame Eigenschaft aller der Anschluß an den Nachbarkontinent oder der Besitz von Inseln oder Inselgruppen. Inselreiche Rücken nennen wir (mit Supan) Inselrücken. Den Atlantischen Ozean durchziehen zwei Erhebungen in der S-förmigen Richtung, die im allgemeinen bezeichnend für den Atlantischen Ozean ist. Der Stille Ozean weist ebenfalls gebirgskettenartige Erhebungen auf, die, immer durch große Tiefen auf mehreren Seiten isoliert, verhältnismäßig steil ansteigen; jede größere Inselgruppe scheint dort ein Gebirge für sich zu bilden. Ähnlich die Inseln im Indischen Ozean.

Ganz eigentümlich sind die aus großer Tiefe von 4—5000 m plötzlich emporsteigenden Erhebungen, die an ihrer Oberfläche inselartig eng sind und oft so wenig Wasser über sich haben, daß man Schiffe auf solchen Rücken oder Bänken ankern lassen könnte: derartige Erhebungen gibt es in der Gegend der Gibraltarstraße, bei den Azoren und Kanarien. Manche liegen nicht mehr als 50 m unter dem Meeresspiegel. Hier kann man mit größter Wahrscheinlichkeit an vulkanischen Ursprung denken. Ist doch gerade dieses Gebiet auch ein Seebebengebiet. Ausgesprochen vulkanisch sind einige Bänke des Mittelmeeres. Bei Pantelleria trat der eingestürzte Vulkan, der einst die Insel Ferdinandea gebildet hatte (vgl. das Kärtchen, S. 166), zeitweilig bis auf 4,5 m unter den Meeresspiegel heran, ein großes Hindernis für alle tiefgehenden Schiffe. Von solchen Bänken in den Gebieten der Riffkorallen haben wir S. 344 gesprochen.

Unterseeische Rücken mit so geringer Wassertiefe, daß die größeren Eisberge darauf stranden, sind für die Polargebiete von der größten Bedeutung. Das großartigste und gleichzeitig praktisch wichtigste Beispiel dieser Art bietet wohl die Dänemarkstraße zwischen Grönland und Island, in deren nördlichem Teil in 69° nördl. Breite 500 m als größte Tiefe gelotet worden sind, während nach Süden zu der Meeresboden sich so rasch erhebt, daß zwischen 65 und 67° nördl. Breite die Tiefen zwischen 270 und 330 m weitaus vorwiegen. Hier begegnet man daher zahlreichen, mächtigen Eisbergen, von denen einer nach Kapitän Moriers Schätzung über 450 m hoch war, da er 56 m über den Meeresspiegel hervorragte, wobei er nach allgemeiner Annahme achtmal so tief untertauchen mußte. Leicht begreift man, daß in manchen Jahren die ostgrönländische Küste vollständig unnahbar ist, wenn man zu diesen strandenden Eisbergen die Treibeismassen rechnet, welche zwischen denselben sich einkeilen und so eine mächtige Eismauer herstellen müssen.

Die Rücken des Meeresbodens üben auf die Wasserverschiebungen in der Tiefe des Meeres einen ebenso großen Einfluß aus wie die Gebirge auf die Flüsse des Landes. Sie zerlegen den gesamten Meeresboden in Becken, die manchmal vollständig voneinander abgeschlossen sind, wie das Mittelmeer oder die Bandasee von der Nachbartiefsee, oder wie das westliche vom östlichen

Mittelmeer. In subpolaren Meeresteilen ist die klimatologische Wichtigkeit der untermeerischen Höhenrücken von besonderer Bedeutung, weil sie dort dem kalten Polarwasser Schranken ziehen. Die an den meisten Stellen nicht über 300 m hinausgehende geringe Tiefe in der Dänemarkstraße verhindert das eiskalte Wasser des Nördlichen Eismeeres nicht nur, weiter nach Süden vorzudringen, sondern hält es auch ab, die Küsten Islands zu bespülen, da ja diese Schranke von Ostgrönland nach Island zieht. Es ist daher in dieser untermeerischen Schranke mit ein Grund für das im Vergleich mit Ostgrönland mildere Klima dieser Insel zu sehen. Im Zusammenhang mit dem Rücken, der Island, die Färöer und die Shetlandinseln verbindet, liegt hier überhaupt eine Schranke und natürliche Grenze zwischen dem Atlantischen Ozean und dem Nördlichen Eismeer vor. Eine große, flache Bank, über der stellenweise nur Wassertiefen von 45 m vorkommen, im südlichen Atlantischen Ozean ziemlich mittewegs zwischen Kap Hoorn und dem Kap der Guten Hoffnung zwischen 45 und 49° südl. Breite sich erhebend, erschwert wenigstens den Eintritt der großen Wassermassen aus der Tiefe des Südmeeres in den Atlantischen Ozean.



Die Meerestiefe südöstlich von Tonga. Nach den Ergebnissen der Penguin-Expedition (1895). Vgl. auch den Text, S. 578.

Zwischen den Rücken liegen flache Mulden oder Becken, die bei steiler Umrandung zu Kesseln (Bandasee, Celebessee) oder Rinnen (Norwegische Rinne) werden. Doch gibt es auch tischartig flache, wagerechte oder leicht geneigte Bodenformen. Das Ochotskische Meer ist z. B. eine muldenförmige Vertiefung parallel der Kurilenkette, steil von dieser abfallend, langsam gegen Sachalin ansteigend. Der Name Tiefe wird gerade so wenig scharf zu fassen sein wie „Berg", denn er bezeichnet etwas Relatives: eine Tiefe von 200 m ist bei Bornholm ebenso wichtig wie eine solche von 6000 m bei Sumbawa. Wendet man diesen Namen zur Bezeichnung von größter Tiefe an, so sollte er mit einer Formbezeichnung verbunden werden; so wie man sagt Hochgipfel, kann man auch Tiefbecken oder Tiefrinnen sagen. Die größten Meerestiefen östlich von Tonga und Kermadec sind Tiefrinnen.

Die Tiefen unter 6000 m haben alle eine eigentümliche Lage und Gestalt. Sie liegen nicht in den Mittelpunkten der Tiefsee, wie die tiefste Stelle in einem Trichter, sondern an den Rändern, so daß der Tiefseeboden gewölbt ist. Dem Kontinentalblock mit randlichen Erhebungen liegt also das Tiefengebiet mit randlichen Vertiefungen gegenüber. So finden wir denn die tiefsten Stellen der Erde im südlichen und nördlichen Stillen Ozean am Westrand der pacifischen Tiefsee (s. die obenstehende Karte); die tiefsten Stellen des Atlantischen Ozeans liegen am

Westrand der atlantischen Tiefsee, und im Indischen Ozean liegen sie am äußersten Ostrand. In allen drei Fällen aber finden sie sich hart neben Einbruchs- und Faltungsgebieten von unruhiger Bodenform. Es sind niemals einzelne Tiefpunkte, sondern ganze Senken. So erreichten in der südpacifischen Senke 28 Lotungen Tiefen von 5000—7000 m, vier über 7000, drei über 8000 m. Die Gestalt dieser Senken scheint immer länglich, in der Richtung des angrenzenden Landes gestreckt zu sein, so daß man auch durch sie an den Zusammenhang mit den gefalteten Gebieten in der unmittelbaren Nähe erinnert wird. So wie die höchsten Berge der Erde nicht vereinzelt vorkommen, treten die tiefsten Stellen des Meeresbodens nur grubenartig auf. Mit Recht hat man daher die Messung von Roß aus dem Jahre 1843 in 15° 3′ südl. Breite und 23° 4′ westl. Länge, die bei 8400 m keinen Grund fand, schon darum als ganz unwahrscheinlich bezeichnet, weil sie zwischen zwei zuverlässigen späteren Messungen von 5620 und 5085 m liegt. Ausnahmen machen die verhältnismäßig großen, isolierten Tiefen im Hintergrund von Buchten, wie die von 1200 m in der Bucht von Akaba oder die Tiefen im Inneren von Fjordbuchten.

Ähnlich wie die Kontinentalmasse ist auch die Tiefsee ein zusammenhängendes Ganze. Von der Westküste des Atlantischen Ozeans erstreckt es sich bis zur Ostküste des Stillen Ozeans. Amerika liegt als ein Landwall mit den südpolwärts ziehenden Rücken von weniger als 3000 m Tiefe südlich vom Feuerland dazwischen. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß sich die arktische Tiefe, einen zirkumarktischen Tiefseegürtel bildend, aus dem sibirischen Eismeer nördlich von den nordamerikanischen Polarinseln zu den Spitzbergischen Tiefen hinzieht. Um die Südspitzen der Südfestländer bildet die Tiefsee ein breites Band, das südlich von Afrika die atlantischen und indischen, südlich von Australien die indischen und pacifischen Tiefen verbindet, und nur südlich von Südamerika unterbrochen ist: auch ein Grund für die oben, S. 266, vertretene Annahme eines einheitlichen Südmeeres.

Indem die unterseeischen Höhenrücken die an der Oberfläche durch den gleichen Wasserspiegel vereinigten Meeresbecken zerteilen, zerlegen sie diese in natürliche Gebiete, so wie Gebirge die Festländer zerlegen. Sie erleichtern uns die ozeanischen Abgrenzungen. Wer die Tiefenkarten vergleicht und die Natur des Wassers mit berücksichtigt, wird nicht zweifeln, daß das Skagerrak der Nordsee, das Kattegat der Ostsee zugehört, und daß die Grenze zwischen der Beltsee und der eigentlichen Ostsee durch die Bodenschwelle Falster-Rügen gebildet wird. In den größeren Verhältnissen der Ozeane teilt so die Atlantische Schwelle das ostatlantische Becken vom westatlantischen und die Osterschwelle das pacifische Becken von dem chilenisch-peruanischen Becken. Wir werden bei fortschreitender Kenntnis der Südmeere vielleicht in einem vom Feuerland nach Grahamsland ziehenden Rücken die natürliche Grenze zwischen dem pacifischen und atlantischen Abschnitt des Südmeeres finden. Der ganze Boden des Weltmeeres wird sich uns so mit der Zeit in eine Reihe von Mulden oder Becken zerlegen, die durch Schwellen und Rücken voneinander getrennt sind. Es ist das Verdienst Supans, die wichtigsten unter ihnen auf einer Karte der „Geographischen Mitteilungen“ von 1899 nach geographischen Grundsätzen abgegrenzt und benannt zu haben.

In der Verschiedenheit der Wirkungen des Wassermeeres und des Luftmeeres auf die Erdoberfläche liegt eine Reihe von Unterschieden zwischen den Einzelformen der tieferen Teile der Erdoberfläche, die das Meer bedeckt, und der höheren Teile, die aus dem Meere hervorragen. Auf dem Lande bewegt sich überall fließendes Wasser in flüssigem oder festem Zustande nach den tiefsten Stellen hin, auf dem Meeresboden aber fehlen unterhalb 200 m alle stärkeren Bewegungen,

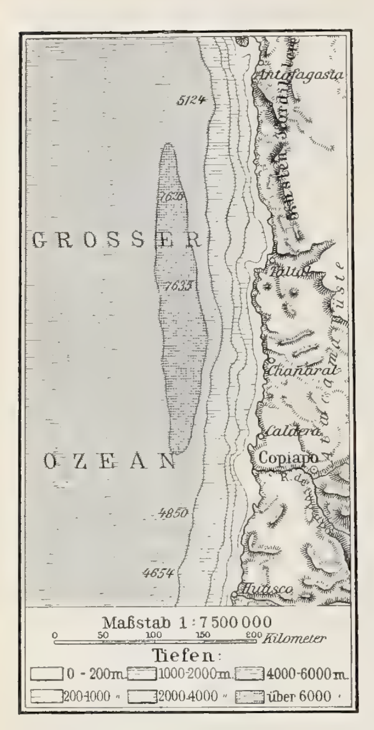
weshalb die festen Niederschläge sich in Ruhe auf dem Meeresboden zu einförmigen Decken zusammenlegen. Ob sie die Reste des Lebens des Meeres sind, ob Ströme sie in das Meer führen, ob sie auf Eisflößen von den Polen hertreiben: sie versammeln sich alle miteinander auf dem Boden des Meeres. Die Zersetzung und Auflösung, die das salz- und kohlensäurereiche Tiefenwasser des Meeres auf sie ausübt, ändern diese Formen wenig, sie beeinflussen mehr die Zusammensetzung. Das Ergebnis ist ein Meeresboden ohne Verwitterungs- und Erosionsspuren, mit den Formen einer allgemeinen Ablagerung kleiner und kleinster Teilchen, die aus Körnchen und Stäubchen zusammenwächst und die etwa vorhandenen tektonischen Unebenheiten immer weiter auszugleichen bestrebt ist. Daher kann wohl der Meeresboden scharfe Züge im großen haben, wie der Abfall von der Kontinentalstufe zum Tiefenbecken, aber im allgemeinen sind die Böschungen vermittelt. Sie bleiben in der Regel unter 1°, und nur selten sind steilere Abfälle zu verzeichnen, die sich höchstens bis zum Falle mäßig steiler Alpenthäler steigern und häufiger bei Inseln als an Festlandrändern vorkommen. Bei Korallenriffen finden sich allerdings Abstürze, die nicht viel weniger als senkrecht sind; aber auch andere Erhebungen haben steile Hänge, z. B. die Dacia-Bank vor der Westküste von Afrika, die in einem Winkel von 43° ansteigt; Gefälle bis zu 20° finden wir an den Küsten von Sizilien und Kreta. Der Kontinentalabfall von Festland zu Ozean kann 5° überschreiten. Typisch dafür ist die Abdachung Westeuropas zum Golf von Biscaya mit Gefällen von 1/3° bis zu einer Entfernung von 170 km von der Küste, wo dann das viel steilere Gefälle von 2° beginnt und bis 4000 m hinabführt. Selbst in flachen Randmeeren fehlt dieser Knick nicht, der z. B. in der Nordsee schon bei 20 m Tiefe den Inselkranz und das Wattenmeer von der eigentlichen Tiefe absondert.

Die Bodenformen der Ozeane.

Die großen Züge der Bodengestalt des Meeres kommen in der Verteilung der Inseln zum Ausdruck; wir erkennen daher diese Züge schon bei einem raschen Blick über die in verschiedenem Maße von Inseln durchsetzte Meeresfläche. Im Atlantischen Ozean sind einer langen Bodenschwelle die Inseln aufgesetzt, die von Island bis Ascension eine lockere Kette von derselben Gestalt wie die Bodenschwelle bilden. Durch große und wenig vermittelte Tiefenunterschiede sind alle inselreichen Meere gekennzeichnet, und es tritt dieser Charakterzug besonders deutlich dort hervor, wo die Inseln vulkanischen Ursprungs sind, wie in den drei Mittelmeeren und in jenem größten Inselmeere der Erde, das von Indien bis zu den östlichsten Inseln Polynesiens das inselreichste Meer und zugleich das Meer mit dem aufs mannigfaltigste gestalteten Boden ist. Die weiten Meeresstrecken von gleichmäßiger Tiefe sind dagegen inselarm, die tiefsten Meeresteile insellos.

Im Atlantischen Ozean herrscht ein einfacher Plan der Bodengestaltung, der an das Vorwiegen meridionaler Züge im Bau Amerikas erinnert. Der Grundzug, eine zusammenhängende Reihe von untermeerischen Anschwellungen in 2—3000 m Tiefe, die zwischen Norden und Süden sich in einer S-förmig geschwungenen Gestalt erstrecken, ist dem ganzen Ozean eigen. Zwischen ihr und den angrenzenden Festländern liegt auf jeder Seite eine ähnlich sich erstreckende Vertiefung, in der Tiefen von über 5000 m vorkommen. Dieser Bau ist im südatlantischen Ozean im allgemeinen besser ausgeprägt als im nördlichen. In letzterem durchbrechen die zentrale Erhebung zwei Senken, die eine ungefähr zwischen 10 und 4° nördl. Breite, die andere unter dem Äquator. Dazwischen liegt die Erhebung, aus welcher der Sankt Pauls-Felsen emporsteigt. Die zwei längsthalähnlichen Senken, östlich und westlich von den zentralen Erhebungen, sind

ebenfalls unterbrochen, und zwar kommen längsverlaufende Erhebungen in ihnen vor. An einigen Stellen könnte man von drei Erhebungen und vier Senkungen nebeneinander sprechen. Im allgemeinen ist der Westen dieses Meeres tiefer als der Osten. Die zentrale Schwelle verbreitert sich im Norden zum Azorenrücken und weiter zum isländischen Rücken zwischen Europa und Grönland. Der Rücken von weniger als 3000 m Tiefe im östlichen südatlantischen Ozean zwischen Tristan da Cunha und dem Kap, den man angenommen, existiert nicht; wahrscheinlich verbreitet sich aber die Aufwölbung in der atlantischen Achse südlich von 40° südl. Breite beträchtlich. Das eiskalte Südpolarwasser kann also auch hier äquatorwärts vordringen.



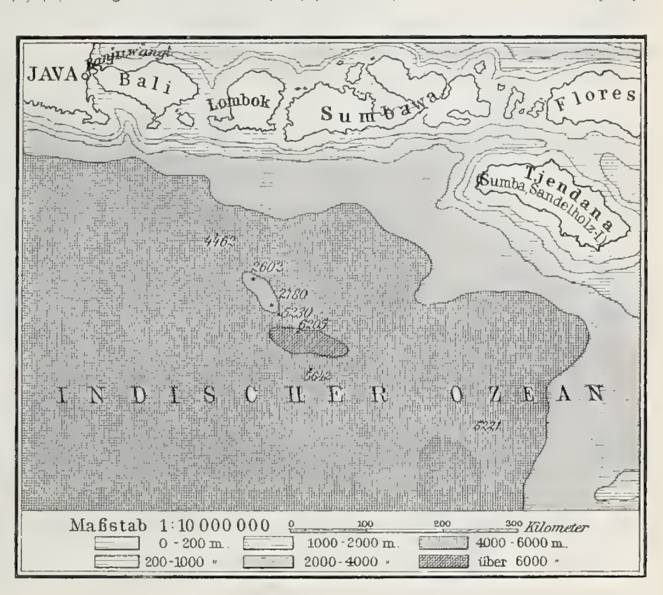
Die größte Tiefe westlich von Südamerika. Nach Stielers Handatlas.

Der Stille Ozean umschließt nicht nur die größten Meerestiefen, sondern noch viele andere sehr tiefe Stellen, die zum Teil in großer Nähe des Landes liegen, und zwar sowohl im östlichen Teil des Ozeans, den sie mit einer Kette von Randbecken umschlingen, als auch im westlichen. So erstreckt sich die Alaskatiefe mit 4000 m und darüber bis in die innerste Ecke der Alaskabucht und erreicht bei der Insel Kadiak fast 7000 m. Hart außerhalb der Kurilen liegt die Tuskaroratiefe von 8510 m. Am überraschendsten sind aber Tiefen von mehr als 7000 m an der südamerikanischen Westküste in größter Nähe des Landes (s. die nebenstehende Karte), von denen aus der Meeresboden seewärts wieder ansteigt. 1890 sind in 25° 42′ südl. Breite und 71° 32′ westl. Länge 7635 m nur etwa 75 km seewärts von dem chilenischen Hafen Taltal gemessen worden. Im allgemeinen ist der Stille Ozean tiefer, als man früher glaubte. Es sind eigentliche große Rücken in diesem Meere nicht vorhanden, sondern den Westen und den Südosten nehmen große Anschwellungen ein, von denen die westliche von Australien nordostwärts zieht, während die östliche mit einer antarktischen Schwelle zwischen Viktoria- und Alexanderland zusammenhängt. Im westlichen Stillen Ozean sind die Inseln, einerlei ob vulkanische oder Korallen- oder hohe Inseln oder, wie in Ostasien, bogenförmige Wälle, der großen Bodenschwelle aufgesetzt. Aber in dem Raume zwischen Tonga, Neuseeland und Samoa sind hart vor dem Rücken, der diese Inseln verbindet, Tiefen von über 9000 m gemessen (vgl. die Karte, S. 575), wo man früher 5000 m angab, und zwischen der östlichen Bodenschwelle und Südamerika liegt vor dem mittleren Südamerika die Einsenkung mit der großen landnahen Tiefe, die wir angeführt haben. Zwischen beide Erhebungen des pacifischen Bodens ist das pacifische Becken eingesenkt.

Der Indische Ozean ist an den tiefsten Stellen weniger tief als die beiden anderen größeren Meere, aber er ist durchgehends tiefer, da er von keiner großen Bodenschwelle durchzogen wird. Von Neuseeland bis Afrika zeigt der Indische Ozean einförmige Tiefen, aus denen die Mosambikschwelle aufsteigt, die Madagaskar mit Afrika verbindet, ferner die Maskarenenschwelle und der Chagosrücken. Im Süden kennt man die tiefe Kerguelenmulde, die von der Kerguelen- und Crozetschwelle umgeben ist. Auch die Nebenmeere sind verhältnismäßig tief.

Im allgemeinen ist der Osten dieses Meeres tiefer als der Westen, also umgekehrt wie im Atlantischen Ozean; auch sind in dem Dreieck zwischen Nordwestaustralien und Java die größten Tiefen jenes großen Tiefgebietes des australindischen Beckens gefunden worden. An seinem Nordrand hat man 1888: 6205 m in 11° 22′ südl. Breite und 116° 50′ östl. Länge, also nur 300 km südlich von Sumbawa, erlotet (s. die untenstehende Karte); das erinnert an die große Osttiefe des Stillen Ozeans.

Die Eismeere wurden früher als seichte Meere aufgefaßt, deren Tiefen womöglich polwärts noch abnehmen sollten. Im Norden und Süden sind nun schnell hintereinander überraschende Tiefen nachgewiesen worden. Die Entdeckung einer arktischen Tiefsee wird mit Recht als das bedeutendste geographische Ergebnis der Nansenschen Reise von 1893—96 bezeichnet. So fern vom Lande ist eben vorher niemand so weit polwärts und zugleich so tief ins Innere des Eismeeres vorgedrungen. Nansen war noch so überzeugt von der allgemeinen Ansicht, daß das Nördliche Eismeer seicht sei, daß er seine Lotapparate zuerst nur auf geringe Tiefen eingerichtet hatte. Um so erstaunter war er, als er nordwestlich von den Neusibirischen Inseln vom 79. Grad an Tiefen von mehr als 2000 m fand. Die ganze Drift der Fram führt über Tiefen von 3000 bis 3900 m weg. Westlich von Spitzbergen waren schon früher in 78° nördl. Breite 4850 m gemessen worden, und so hat man den Eindruck, daß ein tiefes Meer vom Atlantischen Ozean an sich in das Nördliche Eismeer hineinzieht, um vielleicht erst am Westrande des Parry-Archipels aufzuhören. Das würde Supans ohnehin wahrscheinliche Auffassung rechtfertigen, daß das Nördliche Eismeer morphologisch zum Atlantischen Ozean gehöre. Wenn Nansen glaubt, daß nicht viel Land um den Nordpol liege, außer wegen der Stärke der Eisdrift im höchsten Norden hauptsächlich doch wegen der Tiefe des Meeres, weil er es nämlich für unwahrscheinlich hält, daß ein so tiefes Meer nur eine schmale Rinne sei, so ist das sicherlich die bestbegründete Hypothese, die über die Landverteilung am Nordpol jemals aufgestellt worden ist. In den südlichen Teilen des Nördlichen Eismeeres treten als merkwürdige Züge die zwei großen Reihen von Inseln und Untiefen hervor, die Norwegen mit Spitzbergen verbinden. Auf einer Linie Hammerfest—Südkap gibt es keine Tiefe von mehr als 430 m, der Eismeerboden bildet hier ein welliges Tafelland.



Die größte Tiefe bei Sumbawa. Nach dem Atlas des Indischen Ozeans

Über Tiefe und Bodengestalt des Südlichen Eismeeres haben wir nur wenige sichere Kenntnisse. Früher glaubte man, auch dieser Meeresboden hebe sich langsam von allen Seiten her nach der Antarktis zu. Als Krümmel den ersten Versuch machte, auf Grund der spärlichen und wohl, was die älteren betrifft, nicht immer zuverlässigen Lotungen von James C. Roß,

Wilkes und Nares eine mittlere Tiefe dieses Meeres zu schätzen, und 1800 Faden (etwa 3240 m) erhielt, bezeichnete er selbst diesen Betrag als wahrscheinlich zu hoch. Heute sind wir eher geneigt, dieser Schätzung recht zu geben. Seitdem die deutsche Tiefsee-Expedition im südlichen Indischen Ozean Tiefen von 5000 m bestimmt hat, wo man früher nur 2000 m annahm, und seitdem auch im südlichen Atlantischen Ozean die großen Tiefen sich bewahrheiten, die Roß vor 60 Jahren gemessen hat, sinkt die antarktische Anschwellung langsam in dieselbe Tiefe, in die schon früher die arktische hinabgetaucht ist. Wir sehen nur einen großen Rücken, dem die Inseln der Kerguelen-Gruppe und die vereinzelten Inseln des südwestlichen Indischen Ozeans aufsitzen, sich trennend zwischen eine südindische und südatlantische Tiefe legen. Und was den südlichen



Der Meeresboden in der Bandasee. Nach dem Atlas des Indischen Ozeans. Vgl. Text, S. 582.

Stillen Ozean anbetrifft, so ist dort, mutmaßlich südlich vom 60. Grad südl. Breite, ein weniger tiefes Meer anzunehmen, in das eine größere Tiefe südwestlich von Amerika buchtartig vorspringt.

Die Bodenformen der Mittelmeere und Randmeere.

Die Mittelmeere sind tief im Verhältnis zu ihrer Ausdehnung, aber ihre Tiefen sind sehr verschieden und wechseln rasch. Indem tiefe Teile zwischen seichten liegen, kommen Becken zu stande, die für die Gliederung des Bodens dieser Meere bezeichnend sind. Die tiefsten Stellen des Mittelmeeres beim Peloponnes und bei Rhodos sind nicht ausgedehnt; man könnte sie Kessel nennen. Auch das Ägäische Meer mit seiner geringen Tiefe, seinen schmalen Ausgängen, ist in gewisser Weise abgeschlossen; und so sind es wieder drei Becken, die wir, von Süden nach Norden gehend, unterscheiden können. Das ganze eurasische Mittelmeer endlich ist in diesem Sinne ein Becken, denn während seine mittlere Tiefe 1340 m beträgt, finden wir schon in der Meerenge von Gibraltar eine Wölbung des Meeresbodens, die der Meeresstraße 400 m und an einigen Stellen nur 200 m Tiefe gibt.

Das ist ein großer Abstand von den mehr als 4000 m, die im Jonischen Meere gemessen wurden. Jene seichte Stelle liegt zwischen den Vorgebirgen Trafalgar und Spartel, also eigentlich an der Schwelle

der Meeresstraße. An der schmalsten Stelle der Straße beträgt die Tiefe 950 m. Die Tiefe nimmt nun rasch zu und beträgt 40 Seemeilen nördlich von Algier 2900 m, zwischen Sardinien und Algier 3000 m und nordöstlich von Minorca 3100 m. Um so auffallender ist die Seichtigkeit der Straße von Sizilien, wo die Meerestiefe zwischen Tunis und Sizilien wieder nur 450 m beträgt. Diese Wölbung des Meeresbodens ist also eine natürliche Schranke zwischen dem westlichen und östlichen Mittelmeer. Auch das östliche Mittelmeer ist ein zusammenhängendes breites Becken vom Kap Spartivento bis zur Ostspitze von Cypern; im Norden liegt es mit großen Tiefen hart vor Kreta und so im Süden vor der Halbinsel Barka. Tief liegt

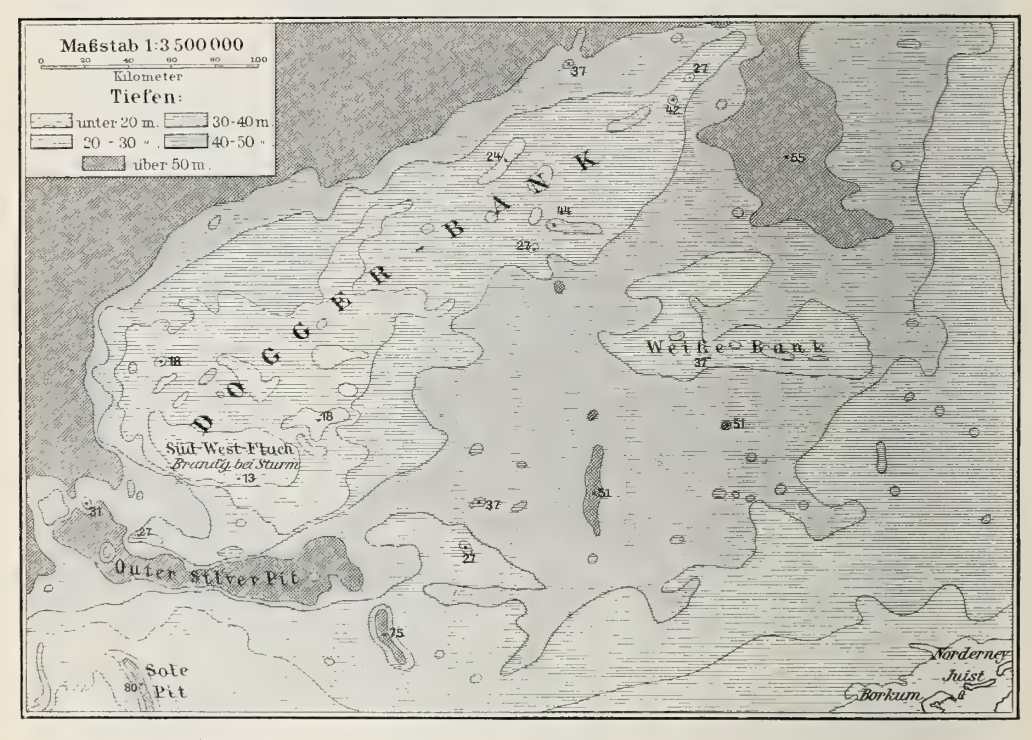


Die Meerestiefen der Nordsee. Nach Debes' Handatlas und deutschen Seekarten. Vgl. Text, S. 583.

es auch vor der syrischen Steilküste, dagegen seicht vor dem Nildelta und der Sues-Landenge. Seine tiefsten Stellen liegen im Jonischen Meer zwischen dem Peloponnes und Sizilien. Das Ägäische Meer ist ein verhältnismäßig seichtes Meer. Nach den Messungen der „Pola“ kann man 2250 m als die größte Tiefe annehmen. Diese Tiefe gehört dem südlichen Teile an. Die Linie Kap Malia-Kythera-Kreta-Karpathos-Rhodos ist die Naturgrenze des seichteren Ägäischen Meeres gegen die tieferen Teile südlich davon. Der ganze Abschnitt besteht aus einer Reihe von Becken, die durch Inseln und inselverbindende Schranken umschlossen sind, so daß eine sehr bewegte Bodengestalt entsteht. Die Zugangstiefen überschreiten nicht 800 m. Von derselben Bodenbildung ist auch das Adriatische Meer. Das Schwarze Meer hat geringere Tiefen im Westen und Norden als im Osten und Süden. Die kleinasiatische und die kolchische Küste fallen steil ab. Dagegen haben wir im Asowschen Meer nicht über 13 m und in der Bucht von Odessa nicht über 20 m.

An der Ost- und Südküste jedoch haben wir nicht selten 2000 m in Sicht vom Land, und ein nicht unter 2000 m und nicht über 2240 m tiefes Becken nimmt den südlichen Raum des Schwarzen Meeres ein: bezeichnenderweise der jüngste Teil des ganzen Beckens.

Die Tiefen in großer Nähe des Landes im eurasischen Mittelmeere vervollständigen das Bild dieser unregelmäßigen, gegensatzreichen Anordnung der Bodenformen. Man kann von einem Absturz reden, wenn man mitten in der Sehne des Busens von Genua 2080 m oder hart an der Linie, welche die den Golf von Neapel einfassenden kleinen Halbinseln von Misene und Sorrent verbindet, 500 m, zehn Seemeilen außerhalb Ischias 1000 m mißt. Das Marmarameer bildet zwischen den seichteren Dardanellen und dem Bosporus ein Becken von 1340 m Tiefe.



Die Dogger-Bank in der Nordsee. Nach deutschen Seekarten. Vgl. Text, S. 583.

Gerade in den Mittelmeeren macht sich das Mosaikwerk einer stückweisen Bildung durch aufeinander folgende Einbrüche in dem Umriß wie in den Bodenformen geltend. Man möchte manchmal sagen, der Meeresboden spiegle einfach die Landformen wieder, so bei der Betrachtung der „periadriatischen" Brüche, von denen Sueß sagt: „Die Lage des Adriatischen Meeres ist in dem Gefüge der Südalpen vorgezeichnet." Mit demselben Recht kann man im turanischen Tief- und Steppenland die Fortsetzung des Pontus nach Asien hinein erkennen. Der Zusammenhang zwischen dem Gebirgsbau des Landes und dem Tiefenbau des Meeres, den wir als eine Eigenschaft der Tiefgebiete der großen Meere kennen gelernt haben (s. S. 575), ist also in den Mittelmeeren besonders deutlich ausgesprochen. Die großen Tiefen des Australasiatischen Mittelmeeres (s. die Karte, S. 580) sind unmittelbar als Einbruchsbecken zu erkennen, deren schön gerundete Form in den Umrissen der sie umgrenzenden Länder und in der Anordnung ihrer Inseln wiederkehrt. Wer die drei großen Tiefbecken des Australasiatischen Mittelmeeres:

China-, Celebes- und Bandabecken, vergleicht, erkennt in ihrer nordnordwestlichen Richtung dieselbe, die in den ostasiatischen Randmeeren so oft wiederkehrt, und der auch die Anordnung der Inseln folgt, die von Neuguinea bis Formosa diese Becken im Osten umranden. Ähnlich ist die Wiederkehr des Mexikanischen Beckens im Yukatan- und Karibenbecken von Nordwesten nach Südosten abgestuft, entsprechend der Achse Mittelamerikas, und im kleinen Santa Cruz-Becken sind 4900 m gelotet. Vergleiche übrigens wegen des Baues der drei Mittelmeere das oben, S. 267 und 280, Gesagte.

In den Nebenmeeren finden wir zwei verschiedene Tiefengattungen. Es gibt seichte Nebenmeere und tiefe Nebenmeere. Die seichten Nebenmeere liegen um den Nord- und Ostrand Eurasiens und am Nordrand Amerikas. Nordsee (s. die Karte, S. 581) und Ostsee, das Weiße Meer, das Karische Meer, die Beringsee, das Gelbe Meer, das Ost- und Südchinesische Meer, die Hudsonsbai sind unter ihnen die namhaftesten. Für die zirkumpolaren Nebenmeere sind die Umschlossenheit des Nordpolarbeckens, die Einmündung großer, an festen Niederschlägen reicher Ströme von Süden her, die Schuttverfrachtung der Eisberge und endlich die bis an die Schwelle der Gegenwart reichenden Vergletscherungen und Bodenschwankungen ebenso viele Ursachen der Auffüllung ihres Bodens mit Schlamm, Sand und Felsblöcken. Wir finden hier untermeerische Bänke von großer Ausdehnung, die wesentlich aus Schutt aufgebaut sein dürften. Die über 700 km lange Neufundlandbank liegt an der Stelle, wo beständig Treibeis und Eisberge in Berührung mit dem Golfstrome schmelzen und ihren Schutt fallen lassen. Auch das Meer zwischen Südostamerika und den Falklandsinseln ist durch Seichtigkeit ausgezeichnet.

Die mittlere Tiefe der Nordsee ist 89 m, aber an der deutschen Küste kommen überall nur viel geringere Tiefen vor; zwischen dem Festland und den Inseln beträgt sie nirgends mehr als 20 m, auch Helgoland erhebt sich aus keiner größeren Tiefe. Die großen Tiefen der Nordsee liegen alle gegen Nordwesten und Norden zu. Vor den Südküsten und vor der englischen Süd- und Ostküste liegt überall ein seichtes Meer, dem alle Inseln vor der niederländischen, deutschen und dänischen Küste entsteigen. In der Mitte der Nordsee schwellen Bänke bis 10 m unter dem Meere heran, welche die mittlere Nordsee von Südwesten nach Nordosten durchziehen. Die 280 km lange Doggerbank (s. die Karte, S. 582) hat an der seichtesten Stelle nur 13 m Wasser über sich, ihre Südseite fällt steil zu einer 60—80 m tiefen Rinne ab; nach Norden finden wir wieder Abfall, der gegenüber der norwegischen Küste plötzlich steil wird. — Die mittlere Tiefe der Ostsee ist 67 m. Diese Tiefe kommt nirgends an der deutschen Küste vor, wenn auch die Zone des seichten Wassers, bis ca. 20 m Tiefe, hier an vielen Stellen schmäler als an der Nordsee ist. Größere Tiefen als 20 m findet man im Skagerrak, wohin sich die Tiefe der nordöstlichen Nordsee erstreckt, in den Belten und den Föhrden, in der Lübecker Bucht und von Kap Hela an vor der ganzen west- und ostpreußischen Küste. Der Osten ist tiefer als der Westen. Der tiefste Teil der deutschen Ostsee überhaupt ist die Danziger Bucht, seicht ist dagegen die Pommersche Bucht; zwischen Rügen und Laaland gibt es größere Tiefen als von 20 m. Zu den seichten Abschnitten gehören auch die Haffe. Innerhalb der Ostsee gehört der Finnische Meerbusen mit seiner tiefen Öffnung der eigentlichen Ostsee an; der Bottnische, über dessen Schwelle nicht 40 m Wasser stehen, ist dagegen ein Becken für sich.

Wegen ihrer Lage zwischen dem Stillen Ozean und dem Nördlichen Eismeer als Durchgangsmeer ist die Beringsee besonders wichtig. Sie ist Schwelle und Schranke beider Meere und hemmt als solche einen wirksamen Austausch der beiderseitigen Wässer. Es ist daher wichtig, daß die Beringstraße selbst nur 52 m Tiefe erreicht. Es liegen Tiefen unter 50 m wenig nördlich von den Aleuten und setzen sich durch die Beringstraße bis in die Breite der Heraldinsel fort, wobei im allgemeinen die geringeren Tiefen auf der amerikanischen Seite vorkommen. Im Vergleich zu den Tiefen von fast 7000 m unmittelbar südlich von den Aleuten, ist die Bucht der Beringsee nichts als eine hochliegende Ebene mit einer ganz dünnen Wasserschicht darauf.

2. Die Thäler.

Inhalt: Was ist ein Thal? — Die Namen Thal, Schlucht, Klamm u. s. w. — Die Arbeit der Thalbildung durch Wasser. Das Gefälle. — Thalbildung bei der Gebirgsbildung. — Faltenthäler. Längsthäler. — Durchbruchsthäler. — Die Thalabschnitte. — Der Thalanfang und sein Wandern. — Das Kahr oder Zirkusthal. — Thalgehänge und Terrassen. Der Thalausgang. — Die geographische Verbreitung und Lage der Thäler. — Die Entwickelung der Ansichten über die Entstehung der Thäler.

Was ist ein Thal?

Ein Thal ist eine Rinne des Bodens, die zu größeren Rinnen hinabführt, und in die kleinere Rinnen von oben her eintreten. Jedes Thal mündet endlich in das Meer oder in einen Binnensee oder in eine abgeschlossene Landsenke. Ein Thal ist also nie für sich allein zu denken, sondern gehört mit Abschnitten weiter oben und weiter unten zusammen und mit diesen in ein System, das den Namen Thalorganismus verdient. Thal heißt also im Grunde mehr als nur Rinne; es bezeichnet eine Bildung höherer Art als Rinne. Zum Thal gehört das eigene Ursprungsgebiet, das nach oben hin abschließt und dem Ganzen Selbständigkeit und Individualität verleiht. Wenn die fortschreitende Thalbildung die Rückwand durchbrochen, ein Durchbruchsthal geschaffen hat, ist der besondere Thalursprung vernichtet; dann ist das Thal thatsächlich zur Rinne herabgesunken, durch die mit der Zeit auch ein fremder Fluß seinen Weg nehmen mag. In der Rinnenform und dem Gefälle liegt es, daß das Thal vom Wasser durchflossen wird oder einst durchflossen wurde; nicht notwendig ist es, daß ein Thal von Anfang an vom fließenden Wasser gebildet ist, aber es gibt kein Thal, an dessen Weiterbildung das Wasser keinen Anteil genommen hat, sei es in tropfbar-flüssiger Form, sei es als zähflüssiger Gletscher. Das Thal hat seine vorgezeichnete Entwickelung; es wächst durch die Enge und Steilwandigkeit zur Breite, Offenheit und zu sanften Gehängen, solange es mit seinem Wasserfaden verbunden ist, der in Wahrheit sein Lebensfaden oder in den meisten Fällen noch besser seine Lebensquelle ist.

Nach unserer Auffassung wäre folgerichtig die Bezeichnung des Atlantischen Ozeans als großes Thal, die A. von Humboldt gern verwendete, nicht zu billigen, ebensowenig die Neigung, orographische Bildungen verschiedensten Ursprunges und von den wechselndsten Dimensionen, wenn nur Sohle und Abhänge vorhanden sind, als Thäler zu bezeichnen, so wie die Amerikaner vom Great Valley sprechen, auf dessen Sohle der Mississippi von der Missourimündung bis zum Meere fließt. Dagegen sind Thäler im weitesten Sinn des Wortes andere große Gebiete, wie der Teil Kaliforniens zwischen dem Küstengebirge und der Sierra Nevada, die obere Po-Ebene, die Rinne zwischen Himalaya und dem Hochland Vorderindiens. In allen diesen Fällen haben wir hinabführende Rinnen zwischen zwei Aufwölbungen der Erde, von denen allerdings jede ein Gebirge für sich darstellt. Wir gebrauchen aber dafür nur so lange das Wort „Thal“, als eine einheitliche Rinne gegeben ist; sobald dagegen eine ganze Flußverzweigung in zahlreichen Rinnen dort Platz findet, verliert das Wort „Thal“ seinen einfachen und genauen Sinn und behält nur eine praktische Berechtigung.

Für manche Betrachtung mag es sich empfehlen, das Thal in der umfassendsten Bedeutung als Thalorganismus zu fassen, der die letzten Ursprünge und ebenso die äußersten Ausläufer in den Schuttzungen oder Deltas mit umfaßt und einheitliche Merkmale der erodierenden und ablagernden Arbeit des Wassers trägt (s. unten, S. 602). In einem solchen Thalsystem muß man von jedem Punkt, abwärts wandernd, in das Hauptthal und an einen



Das Rainthal vom Schachen aus, Wettersteingebirge.
Nach Photographie.

gemeinsamen Thalausgang gelangen. Dieser weitgreifenden Auffassung würde das Thal im engeren Sinn als einzelnes Glied entgegenzusetzen sein. Soweit in einem solchen System der Wasserfaden zusammenhängt, wirkt jede Hemmung und jede Beschleunigung des Gefälles des Flusses von unten aufwärts und rückwärts. Tieferlegung im Unterlauf beschleunigt die Thalbildung, zieht Tieferlegung im Oberlauf nach sich; Stauung im Unterlauf läßt das Gefälle abnehmen, die Thalbildung sich verlangsamen. Selbst in den verzweigtesten Thalsystemen wirken solche Änderungen nach. Man könnte die Entwickelung des Gesamtthales das Schwungrad nennen, das die Entwickelung aller Thalabschnitte immer weiter treibt und zusammenhält.

Thalähnliche Bildungen entstehen durch Bewegungen von Massen über die Erde hin in bestimmter Richtung. Ein Bergsturz, eine Lawine graben in einen Berghang Vertiefungen, die vielleicht später zu wirklichen Thälern ausgearbeitet werden. Was fließt, macht eine Rinne; selbst die Lava wirkt in diesem Sinne auf lockerem Boden thalbildend, und ebenso die zurückfließende Brandung. Solchen Bildungen fehlt nur der Zusammenhang des Gefälles, sie neigen zur Muldenform. So bildet die Lava thalähnliche Becken, wenn ein Lavastrom, der zuerst ungegliedert dahinfloß, sich in der Mitte einsenkt und an den Seiten terrassenartige Spuren des älteren Niveaus übrigläßt; aber diese Becken sind in der Regel vorn durch die Stirn des Lavastromes geschlossen.

Die untergetauchten und die begrabenen Thäler sind zweifellos einst Thäler mit allen Eigenschaften des Wachstums und der Umbildung gewesen. Sie tauchten ins Meer hinab und haben ihr fließendes Wasser und mit diesem die Kraft verloren, die sie fortschreiten ließ. Jetzt sind sie tote Unebenheiten im Meeresboden. Derart sind die untergetauchten Thäler des Ligurischen Golfes (s. oben, S. 220) und der Gestade Nordamerikas am Golf von Mexiko und südlich von Kap Hatteras, wo sie weit hinaus und bis 1000 m und mehr unter den Meeresspiegel ziehen sollen. (Vgl. im Abschnitt „Küsten" S. 428.) Nach Taramellis Darstellung wäre sogar das nördliche Adriatische Meer ein versunkenes Hauptthal, dem die istrischen Thäler zustreben. Im Inneren der Gebirge gibt es schutterfüllte, begrabene Thäler, in denen das tote Material durch Bergrutsch und Lawinen immer höher steigt und weiter der Mündung zuwächst. (Vgl. oben, S. 484, die Schilderung der Schuttkahre.) Zahlreiche alte Thäler in vulkanischen Gebieten sind von Lavaströmen und Tuffmassen ausgefüllt worden. In den Steppengebirgen füllen sich umgekehrt die Thäler von unten herauf mit Sand und Staub, den das zu früh verdunstende und versinkende Wasser nicht mehr beseitigen kann. Zu den merkwürdigsten und wichtigsten Thalausfüllungen gehören aber die alten Gebirgsmulden, in denen Steinkohlenschichten unter mächtigen, vor Abtragung schützenden Massen des Rotliegenden ruhen (vgl. die Tafel „Geologische Formationen" bei S. 474).

Wannen, das sind Senken ohne Ausflußrinne, sind das häufigste Erzeugnis der Ausfüllung von Thälern mit festen Stoffen und der unvollständigen Thalbildung. Wenn wir Thäler als abwärtsführende Zweige in einem System von zusammenhängenden Rinnen bezeichneten, so können wir die Wannen geschlossene Rinnenabschnitte nennen. Man findet sie häufig dort, wo die Wassermassen oder das Gefälle nicht hinreichen, um Thäler zu bilden. Sie fehlen nie in den höheren Teilen der Gebirge und in den Tiefländern und sind am allerhäufigsten in den Wüsten. In den Gebirgen werden wir sie bei der Betrachtung der Seen im 2. Bande wiederfinden. Inwiefern sie aber in den Wüsten vorkommen, wollen wir sogleich betrachten: Das Wasser in der Wüste genügt nur, um kurze Thalrisse zu bilden, es kann keine lange Rinne aushöhlen, sondern muß nach kurzen Wegen die Arbeit dem Wind überlassen, der jedoch ebensowenig

imstande ist, eine zusammenhängende Rinne zu bilden. Wenn es daher auch echte Thäler in der Wüste gibt, die entweder aus einer wasserreicheren Zeit stammen oder aus einem Gebirge stetigen Zufluß empfangen, bestehen doch die meisten Wüstenthäler, Wadis, aus einzelnen Wannen, die durch Fels- oder Schuttbänke getrennt sind. Solche Gebilde sind die dalhol, breite, flache Thäler ohne Ausmündung, auf der Ostseite des Niger, die Monteil auf seiner Reise von Say nach dem Tschadsee kreuzte; es könnten trocken gelegte Nigerzuflüsse sein. Von solchen Thälern abgesehen, beherrscht in der Wüste, in Ermangelung der langen Leitlinien der Thäler, die gürtelförmige Anordnung der Stoffe und Formen die Bodengestalt, die der Wirkung regelmäßig und in gleicher Richtung wehender Winde entspricht. Viele von diesen Bildungen, die nur thalähnlich sind, kann man mit Penck Thalungen nennen: kurze, oft tiefe und geradlinige Senken, ohne ausgesprochenes Gefälle, mit oft unregelmäßig gestaltetem Boden. Auch manche Einbruchsthäler in Karstlandschaften (s. oben, S. 541) und vulkanische Ausbruchsthäler gehören hierher.

So eng in vielen Fällen Thal und Bach (oder Fluß) zusammengehören, so trägt doch manchmal das Thal die Spuren einer Geschichte, die eine ganz andere ist als die seines Flusses. Dadurch entstehen Thäler außer Verhältnis zu dem Wasser, das nun in ihnen rinnt. In Glazialgebieten sind solche Thäler häufig, in denen eine ganze Menge von Felsen und Schutthügeln zerstreut sind, die das einst hier gelegene Eis zurückgelassen hat. Der Bach macht wie ein Fremder seinen Weg durch das Thal, an dessen Bildung er nur einen verschwindenden Anteil hat. Er ist nur ein ärmlicher Rest der Wassermassen, die einst aus oder unter dem diluvialen Gletscher hervorfluteten; Felix Wahnschaffe hat einen solchen Rest, mit Bezug auf Vorkommnisse im norddeutschen Tiefland, „die Maus im Löwenkäfig“ genannt. Oder wir sehen in unseren Kalkalpen vielgewundene, schmale Thäler, in deren Tiefe das Wasser über Felsen braust. Warum steht hier die Form der Rinne außer Verhältnis zu ihrem Wasser? Warum hat der Bach sich nicht einen geraden Weg geschaffen? Weil er nicht von Anfang an dieses starke Gefälle hatte, sondern über die noch unzerklüftete Kalkplatte gehemmt und langsam in Windungen abfloß, die sich nur allmählich eingetieft haben.

Solange in einem Thal ein Bach oder Fluß sich bewegt, so lange wächst das Thal weiter. Ein flußloses Thal verdient tot genannt zu werden. Gewöhnlich nennt man ein solches Thal Trockenthal, um anzudeuten, daß es einst zwar bewässert war, nun aber trocken liegt.

Blicken wir auf ein vielgewundenes Thal in unseren Mittelgebirgen herab, durch das der Fluß seinen Weg sachte dahinschlängelt, so sehen wir, wie einzelne seiner Schlingen durch grüne Einsenkungen ohne Wasser abgeschnitten sind, andere als bogenförmige Einsenkungen wie losgelöst draußen liegen, weil der Fluß sich seinen eigenen Weg gesucht hat, wofür der Neckareinschnitt bei Lauffen mit seinen Stromschnellen ein Beispiel ist. An Bergen von mittlerer Höhe sehen wir Mulden, in deren Tiefe zahlreiche Bodenfurchen zusammenlaufen. Sie sind lückenlos begrast oder bewaldet. Also muß der Prozeß, dem sie ihre Bildung verdanken, zum Stehen gekommen sein. Die dichte Vegetationsdecke zeigt deutlich an, daß seit langer Zeit die Werkzeuge ruhen, die diese Bodenform ursprünglich gebildet haben. Es wird wohl Eis gewesen sein, das seinen Schutt in bunt zerstreuten Hügeln abgelagert hat. Die Moränenlandschaft ist überall durch Thäler, die verhältnismäßig viel zu breit sind, oder durch Trockenthäler ausgezeichnet. Cañadones nennen die Spanier am Ostabhang der patagonischen Anden solche Bildungen, welche als breite, geräumige Thäler in die öden, einst vergletscherten Hochländer eingesenkt sind, die dort den Anden vorlagern, ohne Wasser oder nur Bächlein zu beherbergen. Zu den merkwürdigsten Gebilden der Art gehören flußlose Fjordthäler als jetzt trockene Querverbindungen von Fjorden. Sie sind oft wenig über dem Meer erhöht und tragen Seen auf dem von steilen Felswänden umschlossenen hügeligen Boden. Ein solches Thal ist das Nummedalen zwischen dem Drontheimer Fjord und dem Namsenfjord. (Vgl. auch S. 439 unten.)

Die Namen Thal, Schlucht, Klamm u. s. w.

In der deutschen Sprache unterscheidet man von dem umfassenderen Begriff Thal, der tiefen, langgestreckten, geräumigen Einsenkung zwischen Gebirgs- oder Hügelketten, die Schlucht, die sich in den Körper eines Berges oder einer Hochebene mit steilen Wänden hineinzieht, und die Klamm, deren Wände senkrecht oder fast senkrecht stehen, auf große Strecken gleich weit oder vielmehr gleich wenig weit voneinander entfernt sind und die Spuren des stürzenden, anprallenden und zurückgeworfenen Wassers in ihren langen, gerundeten, schleier- und nischenförmigen Skulpturen tragen. So wie das Volk in diesen Unterscheidungen die Breite der Sohle und das Verhältnis der Thalwände zur Thalsohle im Auge behalten hat, so muß auch die Geographie auf diesen Umstand Gewicht legen. Das Thal hat seinen wohl zu unterscheidenden Thalboden. In den Nordalpen nennt man „Land" das Hauptthal, weil es Land oder Boden hat, im Gegensatze zu den Nebenthälern. Wenn der Stubaier ins Innthal geht, reist er „ans Land". Eine Thalweitung heißt „Landl". Schlucht und Klamm haben gar kein Land; sie sind nur Risse, ohne Raum für Siedelungen, Ackerboden oder Weide, oft nicht einmal breit genug für einen Pfad. Ein Thal kann offen und weit sein, Schlucht und Klamm sind immer tief, und ihre Wände entfernen sich nicht weit voneinander. Es sind „dunkle" Thäler. Ein Thal nimmt einen breiten Streifen Landes in Anspruch, während oft mehrere Schluchten hart nebeneinander denselben Felsblock in Klötze zerschneiden.

Eine Anzahl von fremden Bezeichnungen sind aus Ländern, wo eigentümliche Thäler vorkommen, in die geographische Sprache aufgenommen worden. Auf einer früheren Entwickelungsstufe der Gebirgskunde hat der Jura eine bestimmende Rolle gespielt, da bei seinem regelmäßigen Faltenbau seine Elemente sich leicht auseinanderhalten ließen; daher stammen von dort die Ausdrücke „Combe" für ein Thal, das durch eine Längskluft in einer Bodenfalte gebildet wird, und „Cluse" für eine quer einschneidende Schlucht. Thurmann und Greßly haben Combe mit Tobel, Cluse mit Klus übersetzt; für uns sind beides Schluchtenthäler, das eine ein Längs-, das andere ein Querthal. Einen seichten Riß, den man bei uns „Runse" nennt, bezeichnete man dort mit „Ruz". Keinen Anklang fand Jaccards Vorschlag, die jurassischen Ausdrücke Val und Vallon an Stelle von Vallée in allen den Fällen zu setzen, wo es sich nicht um Thäler mit fließendem Wasser handelt, die nach seiner Auffassung allein den Namen Vallée verdienen. Der den deutschen Alpen entstammende Name „Kahr", ein ursprünglich keltisches Wort, hat sich an Stelle von „Thalzirkus" eingebürgert. Weite Verbreitung hat das Wort „Cañon" für eine große Klamm gewonnen, besonders seitdem man die großartige Cañonlandschaft im Gebiete des nordamerikanischen Coloradoflusses kennen gelernt hat. Gleich diesem Wort stammen aus dem Spanischen die Namen „Quebrada" und „Barranco", das unterschiedslos mit „Barranca" gebraucht wird, für Schluchten. Ursprünglich ist letzteres nur für die Radialrisse in Vulkanen gebraucht worden, wie wir oben, S. 147, mitteilten, doch zeigt es sich, daß z. B. in Argentinien auch kleine Thäler der Pampas so genannt werden. Und neuerlich wendet O. Nordenskiöld in seiner Beschreibung des Feuerlandes „barranca" sogar auf die hohen Steilwände eines Fjordes an und sagt erklärend: „spanischer Name für maueratige Schichtenlagerung"; das ist allerdings der ursprünglichste und häufigste Sinn des Wortes barranco.

Die Arbeit der Thalbildung durch Wasser. Das Gefälle.

Die Thalbildung steht unter den Gesetzen der Erosion durch fließendes Wasser. Die größte thalbildende Arbeit wird dort geleistet, wo das Gefälle und die Wassermasse am größten sind. Unter Gefälle eines Thales aber versteht man den Winkel, den die Ursprung und Ende des Thales verbindende Linie mit dem Horizont bildet. Je größer dieser Winkel, desto stärker ist die lebendige Kraft des Flusses, die in das Gestein einschneidet. Aber auch die Ablagerung nimmt an der Thalbildung teil und durchkreuzt in eigentümlicher Weise die Leistungen der Erosion, indem sie das Flußbett mit Geröll oder Sand beschüttet oder die Wasseradern zerteilt. Die Thäler sind die Folgen der Konzentration der Wassererosion auf einen engen Raum. Diffuse Wasserwirkungen bleiben unbemerkt; niemals schaffen sie die tiefe Spur von so ausgesprochener Eigentümlichkeit, wie wir sie im Thale sehen. Je stärker das Gefälle, desto schärfer die Rinne, desto geringer die Gegenwirkung ablagernder Kräfte. Das eigentliche Thal, im Gegensatz zur

Schlucht und zur Klamm, hat immer eine wechselvolle Geschichte, in welcher der erodierende Fluß allerdings der verbindende Faden bleibt, an dem die Thalabschnitte als die Zeugnisse ebenso vieler Akte der Thalbildung sich aufreihen. Aber während in der Schlucht oder Klamm (s. die beigeheftete Tafel „Die Partnachklamm in Oberbayern") nur die einsägende Wirkung des Wassers sich zeigt, kommt im Thal daneben auch die Ablagerung des Schuttes und seine Verlagerung oder Verschiebung mit dem Wandern und Schwanken des Flusses von einer Thalstelle zur anderen zur Geltung. In einem Thal kann eine Landschaft mannigfachster Art sich



Erosionsthal am Westhang des Aragwathales, oberhalb Mleti im Kaukasus. Nach Photographie von R. Credner.

entfalten, der Schutt kann Hügel und weite Flächen nebeneinanderlegen, jetzt den Fluß sich ausbreiten lassen, dann ihn einengen; in der Schlucht (s. die obenstehende Abbildung) dagegen ist immer das gleiche Bild zu sehen: schmale Sohle, steile Wände und darinnen das Wasser. Das Thal aber entsteht aus dem Zusammenwirken von Wasser und Schutt. So geschieht auch die Geradlegung des Wasserlaufes in der Schlucht in einfacher Weise durch Einschneiden, während in den Thälern die Flüsse durch Ablagerung ihren eigenen Gang verlangsamen, durch Erosion ihn beschleunigen und so ihr Gesamtgefälle regulieren. Jede Änderung des Laufes macht sich dabei immer nach obenhin geltend. Eine Ablagerung oder Schlingenbildung unten bewirkt Stauung oben, eine Vertiefung oder Abkürzung unten bewirkt Beschleunigung und Vertiefung oben.

Doppelthäler entstehen da, wo sich in einem breiten Thal ein Hügelzug oder eine schmale Hochplatte so einschiebt, daß zwei Flüsse nebeneinander in besonderen Rinnen fließen. Sehr



Die Partnachklamm in Oberbayern.

Nach Photographie.

häufig findet dies in kleinem Maße bei Gabelungen eines Flusses durch einen vortretenden Gebirgssporn oder durch seine eigenen Schwemmgebilde statt, wie denn am häufigsten überhaupt Schuttablagerungen der Verdoppelung der Thäler zu Grunde liegen. Auch findet man das Doppelthal dort, wo ein in ein größeres Thal eintretender Nebenfluß von dem Hauptfluß gleichsam mitgezogen oder verschleppt wird. Ein schönes Beispiel dafür liefern die Ill, die bei Straßburg, und die Moder, die unterhalb Hagenau im Niederelsaß in den Rhein mündet.

Das Gefälle bildet also den wesentlichsten Unterschied sowohl in der Form als auch in der Funktion der Thäler und ist auch von Einfluß auf ihre Größe. Für die Klassifikation der Thäler würde das Gefälle einen unübertrefflichen Ausgangspunkt bilden, wenn nicht im Wesen des Gefälles selbst schon der allmähliche Übergang eines Grades in den anderen gelegen wäre, und wenn nicht im allgemeinen in jedem Thal etwas Geschichtliches gegeben wäre, das vom Gefäll unabhängig ist, und dem der heutige Zustand nicht voll entspricht. Kann man die Cañons oder die Faltenthäler nach dem Gefälle klassifizieren? Nach dem Gefälle stuft sich die Kraft des Wassers, als thalbildendes Werkzeug betrachtet, ab, aber das Wesen des Thales selbst wird in ihm nicht zum vollen Ausdrucke gebracht. Vielmehr ist das Gefälle geeignet, in jedem einzelnen Thal Abschnitte zu unterscheiden.

Was zur Erhöhung des Gefälles beiträgt, bewirkt natürlich eine Verstärkung der erodierenden Kraft. In der Geschichte der Gebirge und ihrer Umgebungen nahm dies die Form an, daß, wo immer größere Erhebungen im Gebirge entstanden, auch größere Vertiefungen durch fließendes Wasser in den Umgebungen gebildet wurden. Wir sehen zwischen große Höhen tiefe Thäler eingesenkt. Um so viel höher der Kaukasus als die Alpen ist, um so viel tiefer und steiler sind seine Thäler eingesenkt (s. die Abbildung, S. 590); und wenn ein Gebirge Abhänge von verschiedener Steilheit hat, hat es auch Thäler von verschiedener Tiefe; die Thäler sind im Südhimalaya Schluchten, im Nordhimalaya Mulden. In der geschichtlichen Weiterentwickelung ergab sich dann aber eine große Ungleichheit zwischen Berg und Thal, da die Erhöhungen notwendig abnehmen mußten, während die Vertiefungen noch fortbestanden und weiter fortbestehen werden, wenn jene Höhen, von denen die thalbildenden Gewässer herabstürzten, nicht mehr sein werden. Es gibt Thäler, deren Tiefe nur erklärt werden kann durch eine einst viel höhere Lage des ganzen Landes, dem sie angehören. Darin liegt die Schwierigkeit der Erklärung tiefer Seebecken und der Fjordbildung, daß man Hebungen und Senkungen des Landes dafür anrufen muß. (Vgl. oben, S. 444.) Es ist aber im Grunde nur dieselbe Schwierigkeit, der wir uns bei dem Problem vieler Riesenkessel und ähnlicher Spülformen gegenübergestellt sehen; diese sind durch Bäche gebildet, die einst aus hohen Gletschereismassen auf einen Boden herabstürzten, der heute flach ist, nachdem jene Auflagerung, die ihn erhöhte, weggeschmolzen ist.

Nach dem, was wir über die Verbreitung der Grundschwankungen kennen gelernt haben (s. oben, S. 209 u. f.), ist es nicht denkbar, daß die Thalbildung ohne Hebungen und Senkungen sich vollziehe. Auch wo wir keine Spuren von Hebung oder Senkung sehen, vermuten wir sie. Mit Bestimmtheit erkennen wir sie in den Fjordthälern, in manchen Durchbruchs- und tiefen Cañonthälern, deren Entstehung ohne vorangehende Hebung nicht denkbar ist; und in manchen Thalterrassen glauben wir wenigstens ihre Spuren zu sehen. Eisaufhäufungen, wie sie in der Eiszeit mehrmals kamen und gingen, hatten dieselbe Wirkung, denn wo Glazial- und Interglazialperioden einander ablösten, wechselten Zeiten starker Thalvertiefung durch das Wasser mit Zeiten starker, schuttausräumender Thalverbreiterung durch das Eis, jene Hebungen, diese Senkungen entsprechend.

Je größer das Gefälle, desto reiner kommt die Schwerkraft im Flusse zur Erscheinung. Daher entfernen sich bei kleinem Gefälle die Wasserformen am weitesten vom Geradlinigen zum Gebogenen und in den Einzelheiten vom Bestimmten zum Unbestimmten, Schwebenden: der Sturzbach rauscht in geradliniger Rinne herab, der Thalbach durchwindet in vielen Schlingen seine Aue. Der günstigste Fall, daß nämlich jene Linie in die Verlängerung eines Erdradius fällt, tritt zwar nur bei Wasserfällen auf, herrschte aber einst in kleineren Dimensionen bei der Bildung jener Spülformen, die nur durch von oben herabsprudelndes Gletscherwasser entstanden sein können (vgl. oben, S. 550). Zwischen diesem Falle und dem, daß die Gefällslinie fast eine



Das Nordende der Dariaschlucht im Kaukasus. Nach Photographie von R. Credner. Vgl. Text, S. 589.

Horizontale ist, liegt aber eine Fülle von Verschiedenheiten. Da die Linie in kaum einem Thale ungebrochen verläuft, so entsteht das Gesamtgefälle durch verschiedenartige Gefälle in den Thalabschnitten, die dem entsprechend verschieden gestaltet sind, aber immer in der vorhin (S. 589) besprochenen Weise aufeinander- und zusammenwirken.

Aus den durch örtliche Umstände verursachten Abweichungen von der allgemeinen Gefällrichtung, die zuletzt doch immer wieder in dieselbe zurücklenken, ergeben sich die Schlangenwindungen oder Serpentinen des Flußlaufes, die also der Ausdruck eines Schwankens zwischen der allgemeinen Richtung des Gefälles und solchen örtlichen Abweichungen sind. Das auf die eine Thalwand gerichtete Wasser prallt von ihr ab und wird nach der anderen in der Richtung schräg gegenüber und abwärts getrieben. Unterhalb der Ablenkung tritt dann die Thalwand vor und bildet einen Thalsporn. Natürlich kommen von der Seite mündende Thäler und Schluchten dieser seitlichen Erosion entgegen, indem sie ihr vorarbeiten. Sehr oft schlängelt

sich der Fluß durch ein Thal hin, ohne daß dessen Wände die Schlangenwindungen mitmachen. Nur der Schutt des Thalbodens bildet dann die Bewegung des Wassers ab.

Die Serpentinenbildung im Felsgestein wird meist auf der Schichtung und auf dem Wechsel härterer und weicherer Gesteine beruhen. Fließt das Wasser über die Schichtenköpfe einer Ablagerung, so sucht es seinen Weg auf den Grenzen der Schichten und bricht erst durch, wo es eine Bresche graben kann. Ähnlich sucht es in weicherem Gestein seinen Weg festzuhalten, bis die Anhäufung der Wassermasse zum Durchbruch in der Richtung des allgemeinen Gefälles zwingt. Im weichen Gestein werden dabei weiche, im harten aber scharfe Thalformen entstehen. Sehr oft wirft sich die Erosion gerade auf die Grenze zweier Gesteinsarten, zwischen denen das Wasser wie eine Gangausfüllung oder eine Kontakterscheinung hinfließt. Neben der allgemeinen Rinnenform sind die Bogenlinien der Serpentinen ein Zeugnis für die Entstehung der Thäler durch Wasserwirkung, die sich übrigens auch in den kleineren „Wasserformen" ausspricht, die man als Nischen, Kessel, Terrassen oft hoch über dem heutigen Spiegel erblickt.

Die Wirkung des rinnenden Wassers auf den Boden erfährt Verstärkungen, unabhängig vom Gefälle, von zwei Seiten her. Der Bach gräbt sich natürlich rascher ein bestimmtes Bett im beweglichen Schutt, als wenn er gezwungen ist, über Felsen sich seine Wege zu suchen. Dort wird er bald zwischen natürlichen Dämmen eingefaßt, die ihn zusammenhalten; und von da aus schreitet dann die Eingrabung in den darunterliegenden Fels um so kräftiger fort. Es liegt darin ein mechanisches Prinzip, das in erhöhtem Maße bei der Erosion der Gletscherbäche in Anwendung kommt und in der Frage der Fjordbildung und Seenbildung berücksichtigt werden muß. Das Prinzip kann etwa so ausgesprochen werden: Umfassung mit nachgiebigerem Material schafft dem Wasser rascher einen einheitlichen Kanal und verstärkt damit seine Wirkung in die Tiefe. Die Rolle des Schuttes kann in diesem Fall auch ein weicheres Gestein übernehmen, in dessen Umfassung der Bach sich in die härtere Unterlage einschneidet. Wird nun später die Überlagerung abgetragen, so haben wir ein „ererbtes Thal" (Davis): die härtere Unterlage hat das Thal von der weicheren Überlagerung „ererbt".

Weiter wird die Thalarbeit nach der Tiefe zu verstärkt durch die Fortführung des schwersten Materials von Stein und Sand auf der Sohle des Thales, am Grunde des Wassers. So hat schon 1831 Yates die Entstehung der Klammen aus der Bewegung des am stärksten erodierenden Gerölls am Boden der Rinne hergeleitet. Damit hängt eine ausgesprochene klimatische Bedingtheit der Thalbildung zusammen. Thäler, auf deren Sohle wenig Wasser reichlichen Schutt bewegt, während die Thalhänge selbst kaum befeuchtet werden, arbeiten sich rascher in die Tiefe. Daher begegnen wir tiefeingeschnittenen, hoch- und steilwandigen Thälern (Cañons; vgl. die Tafel „Der Grand Cañon des Yellowstoneflusses in Wyoming, Nordamerika", bei S. 616) besonders in den Teilen der Erde, wo der Regen selten, aber dann in Güssen fällt. Das ist besonders in den Gebieten mit Steppen- und Wüstenklima der Fall. So kommt es, daß Felsenthäler der Wüste in allen ihren Abschnitten eng und steilwandig sind. Schweinfurth wanderte drei Tage in das Wadi Nischrasch vom Nilthal hinein, ohne daß er einen Weg über die Steilwände auf das Wüstenplateau fand. Ganz verschieden geht die Arbeit der Thalbildung in Gebieten mit feuchtem Klima, aber geringen Niederschlägen vor sich. Da ist zwar die allgemeine Abtragung ungemein thätig, aber die eigentliche Thalbildung tritt dahinter zurück, so daß breite, rundliche Formen entstehen. In den Polargebieten hat das nur in wenigen Sommerwochen fließende Wasser nicht die Kraft, tiefe Thäler auszuhöhlen; daher bleibt dort die Thalbildung, großenteils dem Eis überlassen, in einem unfertigen Zustande. Dazu kommen neuere, durch

weitverbreitete Zeugnisse belegte Hebungen, die an manchen Stellen bis in die Gegenwart hinein der austiefenden Wassererosion entgegenwirken.

Verfolgen wir von der Küste von Labrador ab den Fluß Kaubkonga, der bei Nain mündet, so führt uns der geschlängelte Unterlauf, den bereits manche Stromschnellen unterbrechen, zu einem etwa 12 m hohen Wasserfall, der unmittelbar aus dem See Ekkalulik kommt. In diesen mündet der wieder über mehrere Stromschnellen stürzende Kaubkonga; dann folgt eine Kette von fünf Seen, die durch kurze, von Stromschnellen unterbrochene Flußstrecken verbunden sind. Dies alles wird im Westen durch die firnbedeckte Höhenstufe der Kairosoak abgeschlossen, auf welcher der Ursprung des Thales liegt.

Über einem Lande kann durch Auflagerungen von Eis oder Schutt das Gefälle erhöht und damit die Thalbildung verstärkt werden, wobei aber die thalbildenden Kräfte mit dieser Auflagerung wandern und endlich sogar verschwinden müssen. Daraus entstehen dann so eigentümliche verworrene Thalgebilde, wie sie sich infolge der Eisbedeckung in Norddeutschland und noch größer in Nordamerika herausgebildet haben. Grundverschiedene Richtungen der Thalbildung mußten sich hier durchschneiden. Wo der Eisrand sich 1000 oder 2000 m über das Land erhob, mußten gewaltige Wasseransammlungen stattfinden, welche Thäler bildeten, je nach der Neigung des Bodens zum Eisrand parallel oder vom Eisrand ausstrahlend. Zog sich das Eis zurück, so mußten sich überall, wo ein Stillstand dieser Bewegung eintrat, Thäler zwischen Eis und Schutt bilden. Auf diese Weise empfing Norddeutschland seine sogenannten „Urstromthäler“, die im allgemeinen rechtwinkelig zu der heutigen Fallrichtung seiner Ströme stehen (vgl. die Karte, S. 593).

Die Entstehung dieser Urstromthäler hat man sich so zu denken, daß beim Rückzug des Eises die großen Massen des Schmelzwassers sich zwischen dem Mittelgebirge und dem Eisrand sammelten und, der leichten Neigung des Bodens folgend, nach Westen abflossen. Mit dem Eis rückten diese Rinnen langsam nach Norden, nicht ohne daß Durchbrüche zwischen ihnen entstanden: die Ursache der verwickelten Quergliederung des Tieflandes, besonders dort, wo die Durchbrüche nicht vollständig gelangen und daher nur Sackgassen darstellen, wie in den Niederungen der Wendischen Spree, der Notte und der Nuthe. Die übereinstimmende Südwest-Nordost-Richtung der großen norddeutschen Urthäler läßt natürlich an das Vorhandensein von tieferen Bodenfalten oder Grabenversenkungen in dieser Richtung denken, der wir in der Gebirgsbildung des mittleren Deutschland so oft begegnen. Es ist aber bis jetzt kein Beweis dafür geliefert worden. Ganz ähnliche Vorgänge haben den Boden Nordamerikas gemodelt, wo er eisbedeckt war. Nach Chamberlins Untersuchungen würde z. B. der obere Ohiolauf zum größten Teil Ergebnis der Eisbewegung nach Süden sein, welche die ursprünglichen zum Eriesee gehenden Flüsse zwang, sich östlich und westlich gerichtete neue Thäler zu graben.

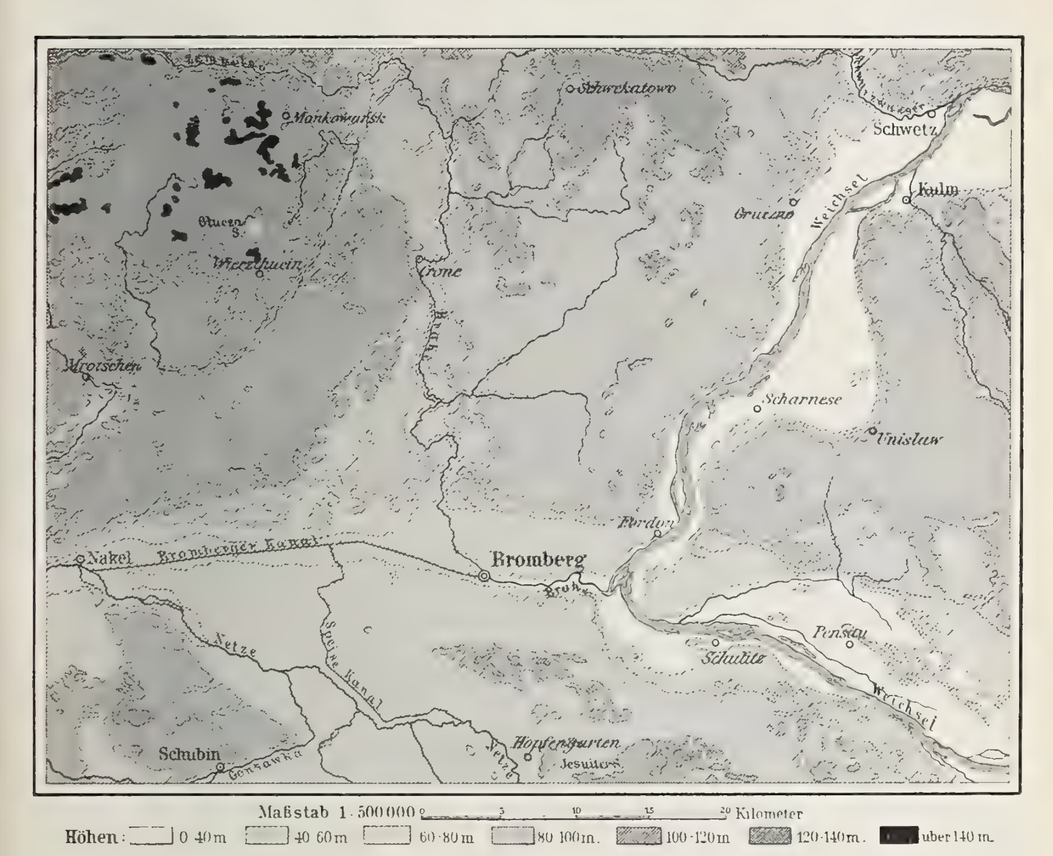
Die Thäler, an deren Bildung das Eis mitgewirkt hat — nennen wir sie kurz Gletscherthäler[1] —, sind leicht zu erkennen. Ihre Breite trennt sie von den schluchtenförmigen Wasserrinnen, und ihr Querschnitt nähert sich der U-Form, im Gegensatz zu der V-Form der Thäler des fließenden Wassers. Sie erscheinen uns insofern wie breitere Abarten der Cañonthäler. Ihre Hänge sind weithin ganz gleichförmig und undurchbrochen, denn der Gletscher ist nicht, wie das flüssige Wasser, geneigt, seine Wirkungen zu zerteilen. Indem die Verbreiterung des Gletschers die Seitenwände hinausrückte, wurde der Unterlauf einmündender Thäler abgeschnitten und liegt nun höher als früher; daher die hoch herabstürzenden Wasserfälle der Fjordthäler. Der Boden des Gletscherthales neigt sich nicht gleichmäßig abwärts, sondern ist entweder ein Becken mit Aufwölbung an der Mündung, oder er enthält mehrere Becken. Wenn

[1] Den Namen Glazialthäler möchten wir ihnen nicht beilegen, weil ein großer Unterschied ist zwischen einem Thal, an dessen Bildung ein hindurchfließender Gletscher gearbeitet hat, und einem Thal, über das ein eiszeitlicher Gletscher wegfloß. Nur jenes hat die Merkmale, von denen wir sprechen, dieses dagegen wird eine weite Mulde mit flachen runden Rändern oder eine Reihe von solchen sein.

also in einer Glaziallandschaft Thäler mit kontinuierlichem Gefälle die Wirkungen der Eisüberschwemmung tragen, kann man bestimmt sagen, daß sie präglazial sind.

Thalbildung bei der Gebirgsbildung.

Wie groß auch die Leistung der Erosion in der Thalbildung sein mag, man wird immer auch der Gebirgsbildung selbst ihren Anteil daran zugestehen und voraussetzen müssen, daß



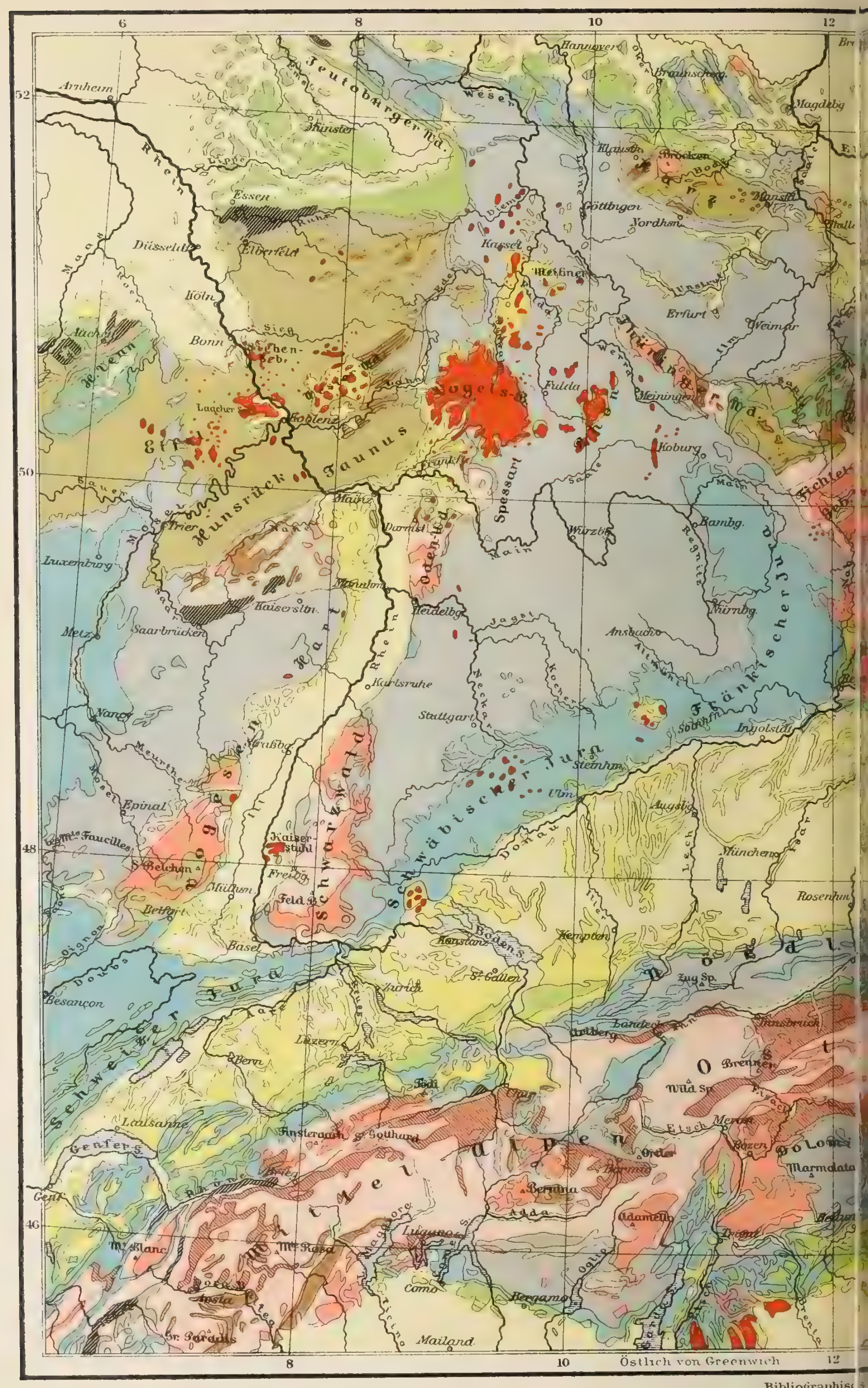
Ein Urstromthal Norddeutschlands: Das alte Weichselthal zwischen Bromberg und Nakel. Aus einer Höhenschichtenkarte von Jentsch und Vogel. Vgl. Text, S. 592.

es viele Thäler gibt, die eine doppelte Geschichte haben: eine Geschichte der Thalrinne und eine des Wasserfadens. Jedenfalls rechtfertigt die Natur nicht den schroffen Gegensatz von dynamischen, d. h. Gebirgsbildungsthälern und Erosionsthälern. In der Entstehung der Gebirge liegen zwischen zwei Falten Rinnen, die oft gewaltige Dimensionen erreichen, und zwischen zwei Schollen oder Horsten Einsenkungen, die nicht so lang, aber oft viel tiefer sind als die Faltenrinnen. Niemals sind alle Schichten, in die ein Thal einschneidet, gleich hart: die härteren werden steilere und dauerhaftere Gehänge bilden als die weicheren. Außerdem greifen in den meisten Gebirgen Störungen jeder Art nebeneinander und miteinander in die Thalbildung ein. Auch an diese muß man denken, wenn man von dynamischen Thälern im Gegensatz zu Erosionsthälern spricht.

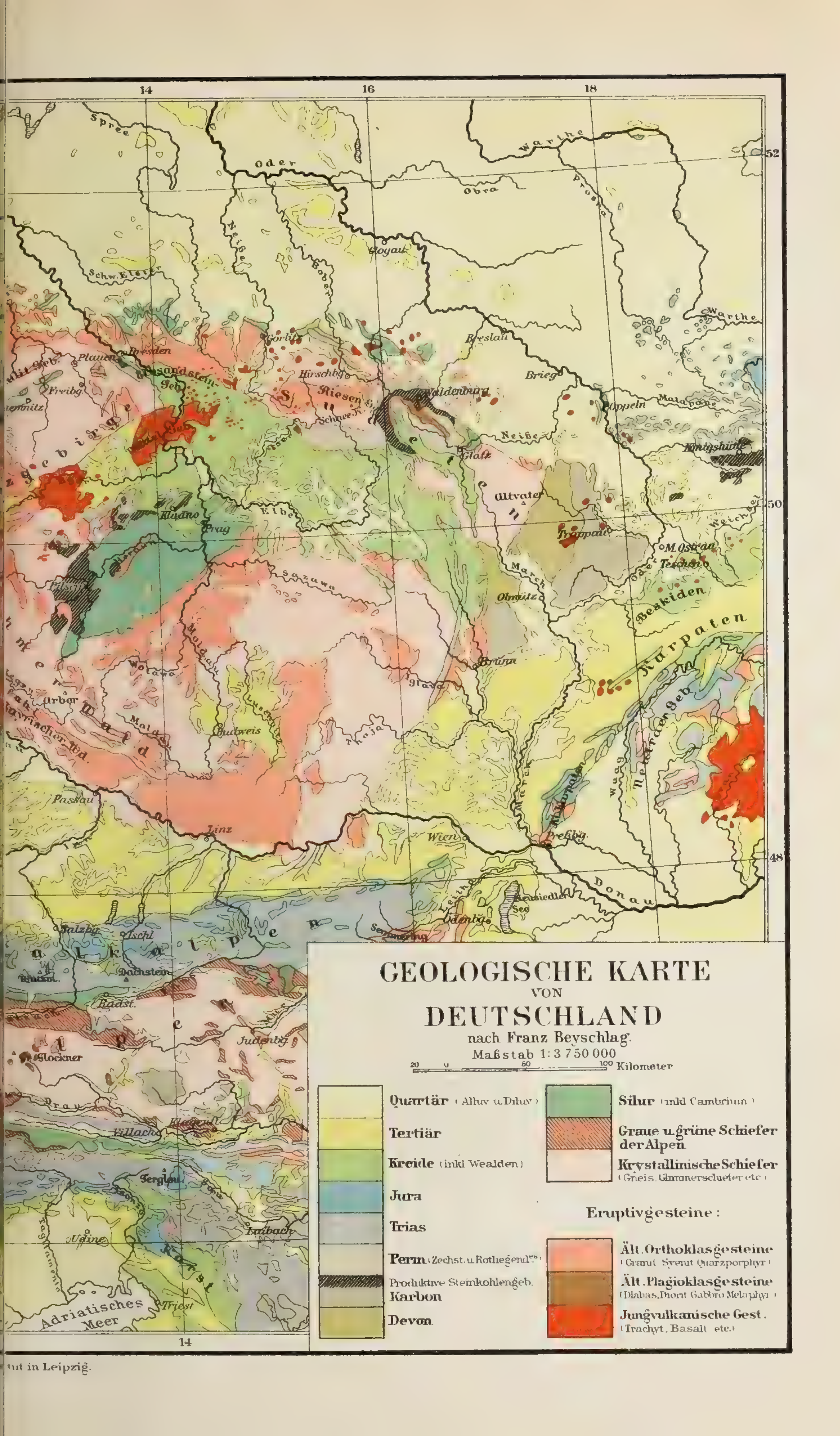
Es fehlt also nicht an dynamischen Vorbereitungen und Lenkungen der Thalbildung. Nur wollen wir nicht glauben, daß jeder Gesteinsriß ein Thal zur Folge haben müßte. Die Auffassung Daubrées, daß die Bodenformen der Reflex unzähliger innerer Spalten seien, ist verführerisch. Auch hat die neuere Gebirgskunde viel mehr, viel größere und regelmäßigere Spalten nachgewiesen, als selbst die geahnt hatten, die in jedem Thälchen nach der verborgenen Spalte suchten. Aber sie hat zugleich die formgebende Bedeutung dieser Spalten herabgesetzt. Wo so eingehende Darstellungen des Spaltensystems eines Gebirges vorliegen, wie Kayser sie vom Harz gegeben hat, zeigt sich, daß wohl hier und da ein seichter Graben oder ein Seitenthälchen den Lithoklasen (Gesteinspalten) folgt, daß aber die Thalbildung im allgemeinen nicht streng von ihnen abhängt. Nicht jede Spalte, die einer Thalrichtung folgt, ist der Grund der Entstehung dieses Thales; Zeugnis dafür: das Streichen einer Spalte am Abhang statt in der Sohle des Thales. Spaltenverwerfungen, d. h. Verschiebungen an Spalten im vertikalen Sinne, haben oft in großem Maße thalbildend gewirkt, wenn sie unmittelbar Rinnen hervorriefen. Das Piavethal ist eines der ausgesprochensten Verwerfungsthäler. Aber andere große Bruchlinien sind wieder ohne hervortretenden Einfluß auf die äußere Gestaltung der Thäler geblieben, so die großartigen Verwerfungsspalten, längs deren die Westalpen in parallelen Zonen gegen Osten und Westen abbrechen.

Die Spalten lassen sich jedoch nicht ganz aus der Thalbildung verbannen. Die mechanische Wirkung des rinnenden Wassers hat ohne Zweifel das Übergewicht, aber in manchen Fällen liegen die Spalten zu Tage, die dem Wasser seine Wege gewiesen haben, auch wo man es nicht vermutete. Der Rhein zwischen Bingen und Trechtlingshausen hat seine Richtung durch zwei Verwerfungsspalten empfangen, die ungefähr zwischen Norden und Süden streichen, und an denen eine schmale Scholle versunken ist; gerade diese Strecke des Mittelrheinthales aber galt sonst für das Muster eines reinen Durchbruchsthales. Es gibt auch Spalten und Verwerfungen, die nur mittelbar auf die Thalbildung gewirkt haben. Wenn wir einzelne mittel- und norddeutsche Flußsysteme, wie das der Werra und Fulda, ganz unter dem Einfluß der Zerklüftungen in nordwestlicher und nordöstlicher Richtung sehen, so ist nicht immer gleich an unmittelbare Beziehungen ihrer Thäler zu den Gebirgsspalten zu denken. Es kommt z. B. vor, daß Basalte auf solchen Spalten emporgestiegen sind, und daß an ihnen hinfließende Gewässer ein Thal in ihrer Richtung ausgehöhlt haben.

In Massengebirgen sind es große Einbrüche und Versenkungen, die entsprechende Thallandschaften geschaffen haben. Wir haben gesehen, wie solche Brüche mit Vorliebe lange, schmale Landstreifen in die Tiefe gehen lassen. Man kann solche Thäler, wo ein Streifen des Bodens in die Tiefe gegangen ist und eine entsprechende Lücke hinterlassen hat, einfach Einbruchsthäler nennen. So entstehen Thäler oder Thalstücke, in deren Bildung es liegt, daß sie scharf abgesondert sind von ihren Umgebungen: weite, abgesenkte, „zwischen zwei Gebirgsketten eingeschlossene Ebenen“, wie Robinson vom Jordan, oder „ein Tiefthal, eingemauert vom Anfang bis zum Ende“, wie Karl Ritter von demselben Flusse sagt (vgl. das Kärtchen, S. 295). Ein solches eingesenktes Land ist auch das obere Rheinthal von Basel ab: heute eine einzige große Spalte, in der zwischen Schwarzwald und Vogesen die jüngeren Sedimentärschichten zur Tiefe sanken (s. die beigeheftete „Geologische Karte von Deutschland“), eine gesegnete und geschützte Landschaft zwischen den dunkeln Steilhängen beider Gebirge. Dieses breite, fast gleichmäßig ebene Thal des oberen Rheins mit den hohen, einander so ähnlichen Zügen zu beiden Seiten ist nicht nur eines der großartigsten Landschaftsbilder Deutschlands, sondern auch das typische Bild eines Einbruchsthales. In Erstreckung und Querschnitt ist der ostafrikanische Wemberegraben eine ganz ähnliche, über zwei Breitengrade hin von scharfen Rändern eingefaßte Niederung; freilich sein Inhalt: Salzseen, Sümpfe und der versandete Wemberefluß, ist dem, was das obere Rheinthal birgt, möglichst unähnlich. Daß in Thäler, die im ganzen Erosionsbildungen sein



Bibliographisc



ut in Leipzig.

mögen, Bruchstrecken eingeschaltet sind, ist sehr häufig. Auf deutschem Boden sei an die Einstürze von Tertiärstücken erinnert, die bei Bebra aus dem Fuldathal eine breite lachende Landschaft machten.

Aber gerade diese geschichtlich so bedeutenden Thalsenken zeigen besonders den Mangel an Querverbindungen, der allen Thälern dieser Art eigen ist. Die 180 km lange see- und flußerfüllte Jordansenke hat keinen Ausgang zum Mittelmeer, so wie die Pässe über die Vogesen und den Schwarzwald hochgelegen und schwierig sind. Das Orontesbecken im nördlichen Syrien hat wenigstens einen Ausgang nach dem Mittelmeer, das Jordanthal ist abgeschlossen vom Meer und von der Wüste.

Im tiefsten Sinne dynamisch sind jene Thäler zu nennen, die beim Aufeinandertreffen eines alten Massivs und einer sich stauenden Masse auftreten, die also an die Grenze zwischen Massiv und Kettengebirge gebunden sind. Es fällt hier die eine Thalwand mit dem Rande der festliegenden Scholle, die andere mit der Stirnfront des sich bewegenden, sich stauenden, jüngeren Faltengebirges zusammen. Das Thal ist also halb Faltenthal, halb Graben. Wir nennen solche Thäler mit F. von Richthofen Überwallungsthäler. Dieselben erreichen auf der Grenze der Alpen gegen das französische Zentralplateau (Rhonethal) und gegen die mitteldeutsche und böhmische Scholle (Donauthal) eine großartige Entwickelung, wobei dennoch der echte Thalcharakter selbst in extremer Ausprägung, z. B. in der schmalen Rinne von Valence, auftritt. Hierher gehört auch das thalförmige Tiefland der Garonne und selbst das große thalartige Tiefland von Hindostan, das der Ganges durchströmt. Auch am Westfuß des Felsengebirges in Nordamerika zieht zwischen 600 und 900 m Höhe 1300 km lang ein breites Thal dieser Art hin, das von verschiedenen Flüssen entwässert wird; Columbia, Fraser, Peace River laufen streckenweise in ihm.

Gerade die Überwallungsthäler sind ein Beispiel dafür, wie eine tektonische Anlage ihrer Natur nach zugleich die Grundlinie starker Erosionswirkungen werden muß, wobei auch die Steigerung der Niederschläge am Abhang eines Gebirges nicht zu vergessen ist. Ein anderer Fall ist, daß die neugebildete Erhebung den erodierenden Kräften erst recht zugänglich ist; daher die tiefen Schluchten der locker aufgeschütteten Vulkane, die selbst auf dem lavareichen Kauaï Thäler wie das Yosemitethal und Klüfte wie die Colorado-Cañons bilden. Nichts bezeugt eindringlicher das Zusammenwirken der beiden großen Gruppen gebirgsbildender Thätigkeit, der hebenden und aufbauenden, der nivellierenden und zerstörenden.

Gerade solchen Erscheinungen gegenüber will uns der Name „dynamisches" Thal nicht gefallen, der nur die eine thalbildende Kraft berücksichtigen will, während er die andere verschweigt. Man muß daran festhalten, daß das Thal nicht bloß in seinem Ursprung in die Geschichte des Gebirges verflochten ist. Es bleibt immer ein Teil des Gebirges und erlebt dessen Geschichte mit. Gesteine, in die es sich im Anfang eingegraben hatte, können abgetragen, der Thalboden um Tausende von Metern in die Tiefe verlegt sein. Es können und werden Gebirgsfaltungen noch eingetreten sein, nachdem das Thal schon gebildet war, und es muß nun umgebildet werden. Wenn es schon unmöglich ist, die fertigen Erscheinungen scharf voneinander zu trennen, so ist es noch schwieriger bei den erst im Werden befindlichen. Und wann hört ein Thal auf zu werden? Von welchem Boden kann man sagen, er sei völlig zur Ruhe gekommen? Die verwickeltsten Erscheinungen auf dem Gebiete der Thalbildung müssen gerade dort entstehen, wo bereits von Thälern durchschnittene Gebiete neu gefaltet wurden. Hier sind dann in der Weiterbildung der Thäler Ursachen und Wirkungen, Tektonik und Erosion überhaupt gar nicht mehr zu trennen.

Faltenthäler. Längsthäler.

Die verbreitetsten und zugleich eigenartigsten der durch Gebirgsbildung vorbereiteten Thäler liegen zwischen zwei einfachen Gebirgsfalten, wo sie eine Synklinale ausfüllen (s. oben, S. 227). Sie setzen eine nicht allzu heftige Faltenbildung voraus; sie sind daher am häufigsten und am reinsten ausgebildet in den schwach gefalteten Gebirgen. In stark gefalteten Gebirgen sind die Mulden der Synklinalen zusammengedrückt, und wir finden sogar häufiger als die Vertiefung



Das Gotthard-Massiv. Nach dem topographischen Atlas der Schweiz. Vgl. auch Text, S. 598.

einer Mulde die Zerschneidung eines Kammes durch eine in ihrer Achse sich eintiefende Erosionsspalte. Kommt das vielleicht daher, daß hier der Zusammenhang durch die Aufwölbung gelockert und dort durch die Zusammendrückung befestigt wurde?

In der Natur der Gebirgsbildung liegt es, daß die einzelnen Falten nicht lang sind (s. oben, S. 227), und so sind auch die reinen Faltenthäler kurz. Wo aber die Faltung über weite Strecken in gleichem Sinne gewirkt hat, da liegen in der dadurch gebildeten Senke Quererhebungen, die verschiedene Becken absondern. Wohl zieht in den Alpen eine große Senke von Martigny bis Landquart, aber der Gotthard (s. die obenstehende Karte) teilt sie in das Rhônethal und das Rheinthal, in denen nach entgegengesetzten Seiten die Flüsse abrinnen. So zerfällt auch die Längsfurche zwischen der Westkordillere und der Ost- und Zentralkordillere von Kolumbien und

Ecuador, die Hettner als innerandine Senke bezeichnet, durch Querjöcher in verschiedene Becken, in denen Zuflüsse des Amazonas und des Magdalena sowie pacifische Flüsse dahingehen.

Immer liegt es in der Natur des Faltenthales, daß es die gleiche Richtung einhält wie die Gebirgsfalten, zwischen denen es gelegen ist. Da nun diese, ihrerseits in gleichen Richtungen gesellig zusammengedrängt, das Gebirge bilden, folgen die Faltenthäler in der Regel der Längsrichtung ihres Gebirges. Daher hat man sie auch Längsthäler genannt. Keineswegs braucht aber diese Richtung einheitlich zu sein. Den Lauf des Ussuri (Nebenfluß des Amur) und eines Teiles des unteren Amur bestimmen tektonische Thäler, die dem Streichen der Ketten des Ssichota-Alin entsprechen; aber so wie diese Ketten ihre Richtungen wechseln, sind auch die Flußthäler gewunden. Da in der Richtung der Faltung auch Veränderungen im Gesteinsbau vor sich gehen müssen, braucht ein Längsthal nicht notwendig Faltenthal zu sein. Ein solches wird es in jungen Faltengebirgen sein, in alten dagegen wird es in derselben Richtung dem Hervortreten härterer Gesteine folgen, die dem Flusse, nachdem er die weicheren abgetragen hat, ihre Linie aufzwingen. Auch Spalten verlaufen in der Faltenrichtung und helfen die Natur der Felsenthäler bestimmen. Die Art, wie Vulkane den Rändern der innerandinen Senken Südamerikas aufgesetzt sind, macht zum Beispiel den Eindruck, als ob Brüche an letzteren in großem Maße beteiligt seien.



Das Etsch- und Passerthal bei Meran, Tirol. Nach der Spezialkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie und älteren Karten. (Etschlauf vor der Regulierung.) Vgl. Text, S. 598.

Naturgemäß schneiden viele andere Thäler, die durch das nach dem stärksten Gefälle arbeitende Wasser gebildet sind, auf diese Richtung mehr oder weniger rechtwinkelig ein; diese nennt man dann Querthäler. Diese Unterscheidung von Längs- und Querthal wird leichter und erhält zugleich eine tiefere Berechtigung dort, wo beide in großen Systemen mit- oder nebeneinander auftreten und die einen von den anderen abhängig sind. Die Ketten von Längsthälern, die durch ganze Gebirgssysteme, wie die Alpen, sich gleichsam hindurchschlingen, zeigen

den Zusammenhang mit dem Grundplan der Gebirgsbildung ganz anders als ein einzelnes Längsthal, dessen Sohle von einem kräftig erodierenden Flusse tief eingeschnitten ist. Und wo nun eine solche Längsthalreihe, wie Rhone- und Rheinthal, rechtwinkelig von Querthälern, wie Reuß- und Tessinthal, erreicht werden (s. die Karte, S. 596), oder wo, wie im nördlichen Libanon, die in Längsthälern an Staffelbrüchen hingehenden Flüsse quer durch die Uferhöhen durchbrechen, so daß die Querthäler senkrecht auf den Längsthälern stehen, ist der Unterschied sehr klar. Es kommt dazu, daß das Faltenthal in der Regel breit ist und sanfte Gehänge hat, während das Querthal mit steilen Wänden tief eingeschnitten ist und vermöge seines starken Gefälles sich noch immer tiefer einschneidet.

Die südlichen Vorketten der Pyrenäen mit der Ebrospalte. Nach Stielers Handatlas.

So hält die Unterscheidung von Längs- und Querthal in vielen Gebirgen regelmäßigen Baues Stich. Daß aber ein und derselbe Fluß Längs- und Querthäler hart hintereinander benutzt, so daß man meinen möchte, ein und dasselbe Thal sei rechtwinkelig umgebogen, sogar doppelt, wie das des Ebro bei dessen Austritt aus den Vorbergen der Pyrenäen (s. die nebenstehende Karte) deutet schon darauf hin, daß es Schwierigkeiten der Unterscheidung geben kann. Auch sind durchaus nicht alle Querthäler als reine Erosionsthäler aufzufassen. Wir haben schon bei den Vulkanreihen (s. oben, S. 157) gesehen, wie oft von Längsspalten Querspalten senkrecht ausgehen. Auch Mulden, senkrecht zu dem Hauptstreichen der Falten, können Querthälern Ursprung gegeben haben. Der Rhein, der bis Chur in einem Längsthal, von da bis zum Bodensee in einem Querthal fließt, die Reuß, die bis Andermatt ein Längsthal, bis Flüelen ein Querthal zum Bette hat, zeigen eine thalbildende Kraft in ein Bett gebannt, dessen einzelne Abschnitte von verschiedener Entstehung sind. Man irrt sich, wenn man die Größenverhältnisse beider Arten von Thälern sehr verschieden nennt. Die Etsch fließt nur ein kleines Stück, von Glurns bis Meran, im Längsthal (s. die Karte, S. 597) und von da bis Verona im Querthal; die Salzach fließt im Längsthal bis St. Johann, von da bis Passau im Querthal. Die Isar ist nur im obersten Quellgebiet ein Längsthalfluß, auf ihrem ganzen übrigen Lauf bahnt sie sich Wege quer durch Gebirgsketten, ebenso der Lech.

In dem wallartigen westlichen Thüringer Wald ist nur Raum für kurze Querthäler; nur das Elnathal ist auf einer Strecke Längsthal. Die Richtung dieser Querthäler mag in einzelnen Fällen durch die Gesteinslagerung beeinflußt worden sein; im allgemeinen sind es Erosionsthäler. Auch in dem breiteren Ostabschnitt zeigt der erste Blick keinen entschiedenen Anschluß der Thäler an die Gebirgsbildung, aber es gibt Fälle, wie der des oberen Schwarzathales von Scheibe nach Langenbach oder des oberen Zobtethales, wo die Richtung mit bekannten Verwerfungen übereinstimmt.

Durchbruchsthäler.

Die höchste Leistung der Erosionsthalbildung ist der Durchbruch, der eine ganze Kette zerschneidet. Der Rhein zwischen Bingen und Bonn, die Oder zwischen Küstrin und Stettin, die Weichsel zwischen Thorn und Danzig, die Rhone zwischen Genf und Chambery, die Alleghanysenke hinter New York, die Senke des Caledonia-Kanales zwischen Firth of Moray und Firth of Lorne (bei Inverneß) gehören hierher. Solche Durchbrüche können verschiedene Gründe haben. Große, zu Seen gestaute Wassermassen liefern in ihrem Abfluß die lebendige Kraft, welche die stauende Schranke durchbricht: der Niagara, die Rhone unterhalb Genf. Andere Beispiele haben das Gemeinsame, daß große Flußläufe beständiger sein können als das Gelände, in dem sie fließen, oder von dem sie herkommen. Dieses Gelände hob sich z. B., und der Fluß grub sich in dem Maße, wie es sich hob, immer tiefer ein. Es sind also zur Erklärung dieser Durchbruchsthäler langsame Bodenbewegungen vorauszusetzen. Damit hängt es zusammen, daß die Durchbruchsthäler soviel beigetragen haben, die plutonische Ansicht von der Thalbildung zu fördern, denn nirgends ist die Annahme von Spalten näher gelegt; A. von Humboldt hat aber nie diese Thalform zu erklären versucht.

Der Rio Yaqui in Sonora (Mexiko) entspringt hinter der Sierra Madre auf dem Hochland, das niedriger liegt, und durchbricht in vielen Windungen das Gebirge. Hier wird man geneigt sein, den Fluß für älter zu halten als das ihm vorgelagerte Gebirge. Einen besonders merkwürdigen Fall, wo diese Erklärung ganz nahe liegt, zeigt das dem Südfuß des Himalaya vorgelagerte Salzgebirge (Salt Range) Nordwestindiens, das mehrfach von den von Norden herabkommenden Wässern in der ganzen Breite durchbrochen wird. Das Gebirge ist zum Teil aus den Absatzstoffen derselben Flüsse gebaut, die es heute durchbrechen. Der an einer Stelle nur 4 m breite Chichalin-Paß, dessen Wände beiderseits 90—150 m emporragen, ist ein Beispiel derartiger Durchsetzungen. Diese Flüsse sind also vor dem Gebirge dagewesen, das gehoben wurde, während sie ruhig weiterströmten und ihre Vertiefungsarbeit fortsetzten. Auch in den Alpen kommt es vor, daß Thäler weithin vor ihren Mündungen ältere Gesteinstrümmer abgelagert haben, obgleich sie jüngere Randketten durchbrechen, — ein Zeichen, daß diese Thäler älter sind als die Randketten.

In vielen andern Fällen nimmt man an, daß die Dinge sich so entwickelt hätten, ohne es indessen streng beweisen zu können. Doch wird man immer sagen können, daß in demselben Gebirge die Durchbruchsthäler älter als die Faltung, die Längsthäler jünger sein werden. Daß Spalten oder Einbrüche nicht grundsätzlich ausgeschlossen sind, hat uns eben erst die Betrachtung der Einbruchsthäler gelehrt. Wenn aus einer Reihe von Flüssen nur einer durchbricht, wie der Leontes in Syrien, ist diese Erklärung die einzig mögliche. Und wenn, wie es im Juragebirge vorkommt, mehrere Thaldurchbrüche hintereinander in verschiedenen Ketten folgen, ist sie wenigstens wahrscheinlich. Dagegen ist die scharfe Umbiegung des Industhales unterhalb der Mündung des Gilgit kein Durchbruch durch den Himalaya, wie es scheinen möchte, sondern nur ein Einbiegen aus der Himalaya- in die Hindukusch-Richtung.

In anderen Fällen liegt die Annahme näher, daß ein solches Thal durch Wasser ausgehöhlt wurde, welches, von einer höheren Stufe herabfließend, sich so tief eingrub, daß der Durchbruch entstehen konnte, worauf diese höhere Stufe später abgetragen worden ist. Wenn nicht bloß der Rhein, sondern auch die Mosel und die Lahn das Rheinische Schiefergebirge vollständig



Maßstab 1:850 000 — 0 10 20 30 40 50 Kilometer

Das Salzachthal. Vgl. Text, S. 601.

zerschneiden konnten, so muß ihr Oberlauf einst bedeutend höher gelegen haben als heute. Es fehlt nicht an Beweisen dafür, daß in diesem Gebiete einst Flüsse 100—200 m höher flossen.

Durchbrüche müssen auch entstehen, wo Thäler rückschreitend immer tiefer in das Gebirge eindringen, bis sie ein gegenüberliegendes Thal erreicht haben, dessen Fluß sich nun in das junge Querthal ergießt, so daß ein eigentümlich rechtwinkelig umgebogener Lauf entsteht. Man kann sich diesen Vorgang am besten in einem Gebirge vorstellen, dessen eine Seite sehr niederschlagsreich ist oder aus einem besonders leicht zersetzlichen Gestein besteht, so daß deren Thäler rascher in das Gebirge hineinwachsen.

Es entstehen dadurch Gebirge mit sehr asymmetrischer Wasserverteilung. Manche Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Wasserscheide in den südchilenischen Anden, welche die Ziehung der chilenisch-argentinischen Grenze so sehr erschweren, führt Steffen auf das Übergewicht der von Westen her rascher vorschreitenden, weite Gebiete für den pacifischen Abfall erobernden Erosion zurück. Im Ural haben wir eine stärkere Abtragung auf der Ostseite, die unter anderen klimatischen Bedingungen oder durch einen höheren Stand der tertiären, westsibirischen Verlängerung des Eismeeres zu erklären ist.

Einen sehr klaren Fall haben wir in den Seenabflüssen, die sich rasch in die stauende Schranke hineinarbeiten, bis sie dieselbe durchbrochen haben. Der Seespiegel sinkt, und das Durchbruchsthal ist fertig. Ein solches Thal wird eines Tages den höher gelegenen Eriesee mit dem Ontario verbinden; an seiner Herstellung arbeitet der Niagara mit reißender Gewalt.

Thäler, deren Vertiefung rasch fortschreitet, gewinnen dadurch an räumlicher Ausbreitung. Indem das Hauptthal seine Sohle tiefer legt, zwingt es seinen Zuflüssen einen stärkeren Fall auf, und auch deren Thäler werden vertieft und schreiten nun ebenfalls rascher rückwärts fort. So kann es kommen, daß sie ein Nachbarthal, in dem die Tieferlegung langsamer vorgeschritten ist, „anzapfen", und dieses mit dem Hauptthal verbinden. So können kleinere Flußsysteme sich miteinander zu einem größeren verschmelzen, das durch ein tiefes Hauptthal sich entwässert. In den Alpen dürfte in mehr als einem Falle ein altes Längsthal durch ein junges, rasch fortschreitendes Querthal in dieser Weise zu einer Verbindung gezwungen worden sein, die ihm ursprünglich ganz fern lag. Wir sehen im Pinzgau die obere Salzach bis zur Einmündung des Großen Arlthales östlich fließen, um von da an entschieden nordwärts sich gen Salzburg zu wenden, wobei sie in tiefen Schluchten ihren Weg sucht. In ihrem oberen Lauf zeigt der Zeller See einen Weg, den der Fluß einst aus dem Pinzgau unmittelbar nördlich genommen hatte, wo heute die Saalach nach Reichenhall fließt. Nur eine Bodenschwelle von 15 m trennt hier Salzach und Saalach. Bei Reichenhall liegen Gerölle aus den Tauern, die beweisen, daß die Saalach einst weiter im Süden ihren Ursprung hatte, und bei Taxenbach liegen 340 m über dem heutigen Salzachlauf Gerölle, die zeigen, daß dieser Fluß einst um so viel höher lag. Indem er sich eingrub, arbeitete er sich der alten Saalach entgegen, deren Oberlauf nun zum Oberlauf der Salzach wurde. Vielleicht trugen mächtige Eislager in dem Übergang von Zell am See, die der alten oberen Saalach den Weg nach Norden versperrten, zur Bildung des Durchbruches von Taxenbach bei. (Vgl. die Karte, S. 600.)

Die Thalabschnitte.

Das fließende Wasser steht unter dem Einfluß des Höhenunterschiedes, der die Voraussetzung der Bewegung über verschiedene Höhenstufen ist. Deshalb ordnen sich auch die Formen, die es der Erde aufprägt, übereinander, während die Formen, die stehendes Wasser ausbildet, nebeneinander zu liegen kommen. Ebendeshalb sind auch jene übereinander gelegenen Formen stufenweise voneinander verschieden, während diese einander so ähnlich sind, wie sie auf demselben Niveau liegen. Während daher die Küstenformen verschiedener Zeiten, wo sie durch Niveauschwankungen übereinander gerückt sind, durch Parallellinien (Strandlinien) zu bezeichnen sind, sind die Thalformen verschiedener Zeiten durch Linien von zunehmend geringerer Neigung zum Horizont, d. h. von immer kleineren Winkeln miteinander verbunden.

Die klimatischen Unterschiede der Höhenstufen bewirken die größten Unterschiede der Thalabschnitte nach der Höhenlage, da von jenen die Schuttbildung, die Pflanzendecke und der Wasserreichtum abhängen. Zu oberst finden wir in der Region des ewigen Schnees und Eises das Minimum der Arbeit, die sich auf Glättung des Bodens durch Eismassen beschränkt: Bereich des Stillstandes der Thalbildung. Darunter haben wir in der Region der oberen und unteren Firngrenze ein Maximum der Arbeit durch große, der Schneeschmelze entstammende Wassermassen, die meist über steile Gehänge abfließen. Frost, Gletscher, Lawinen helfen hier mit, aber in einem großen Teile des Winters ist die Arbeit gering. Hier vorzüglich bilden sich Thalkessel aus, die oft in Reihen nebeneinander liegen (s. die Abbildung, S. 606). Die

Region mit Winter- und Sommerregen zeigt die Verteilung der auf die Abflußrinnen konzentrierten Arbeit über das ganze Jahr: Überwiegen der Ausfüllung über die Ausräumung und damit allmähliches Erlöschen der Thalbildung nach den Niederungen zu.

Wenn für eine allgemeine Betrachtung des Verhältnisses des Wassers zu irgend einer Erhebung der Erde das Wasser um und über die Erhebung eine bewegliche Hülle bildet, in der jeder Tropfen hinab- und hinausstrebt, so ist diese Hülle zeitweilig in Ruhe in den höchsten und zugleich ebeneren Teilen, wo sie die Form des Firnes annimmt, sie bewegt sich rascher in der Gletscher- und am raschesten in der Regen-, Fluß- und Seenregion. Zugleich wächst diese Wasserhülle von oben nach unten an, verliert aber an Geschwindigkeit und an Zahl ihrer Rinnen, die sich zu immer größeren Rinnsalen verbinden. Da nun fließendes Wasser nach dem Maß seiner Bewegung und seiner Masse auf die Erde wirkt, werden seine Spuren nach untenhin an Breite zu-, an Zahl und Tiefe abnehmen.

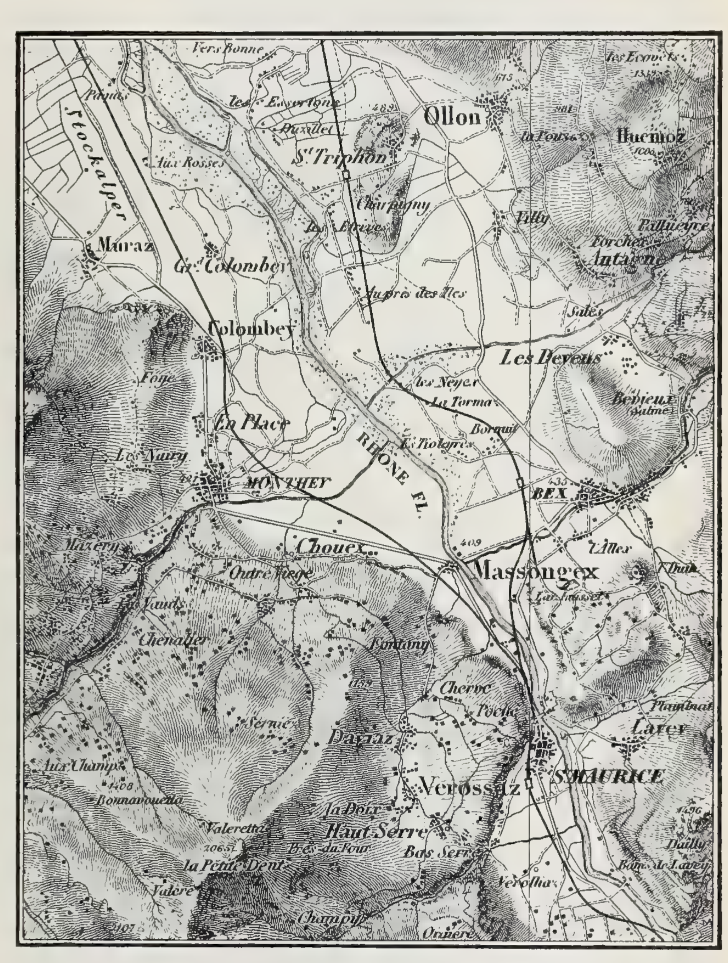
Das Wasser vertieft seine Thalrinne bis zu einem Punkte, wo Gefälle oder Wassermasse den höchsten Betrag erreichen. Von diesem Punkte nach oben und nach unten nimmt die Erosionskraft ab, nach unten durch Verminderung des Gefälles, nach oben durch Verminderung der Wassermasse. Dabei verbreitert sich das Thal nach oben durch Auseinandergehen der Rinne in eine Anzahl von kleineren Zuflüssen und nach unten durch Ausbreitung des Wassers, die nicht selten mit Spaltung verbunden ist. Mit der Verbreiterung oben hat die Ausbreitung unten das gemein, daß der Boden, dort in Fels-, hier in Geröllform, sich dem Wasser entgegensetzt und die Einheitlichkeit der Rinne aufhebt. Wenn auch der Erosionsprozeß damit nicht aufhört, kann man also doch einen Anfang und ein Ende der Thalbildung unterscheiden. Oberhalb der Höhenzone der Thalbildung führt die Erosion nur zur Entstehung von Runsen, unterhalb zerfasert sie sich in dem Bau flacher veränderlicher Kanäle in aufgefüllten Meeresbuchten, Deltas.

Die Vereinigung mehrerer kleiner Rinnen zu einer größeren und zuletzt vieler zu einer Hauptrinne, die aus Thälern ein Thalsystem macht, verfolgen wir vom Quell- bis ins Mündungsgebiet. Im Quellgebiete sehen wir die Einzelfäden auf engerem Raume reicher ausgebildet, selbständig entwickelt, hart nebeneinander fließen; indem sie sich dann vergrößern und zugleich auseinander rücken, wird das Bild des ganzen Systems mit abnehmendem Gefälle einfacher, ärmer, d. h. es treten weniger, wenn auch wasserreichere Zuflüsse, auf. Das Bild ändert sich bei abnehmendem Gefälle auch noch weiter in dem Sinne, daß die Winkel wachsen, in denen die Zweige sich an die Äste der Rinnensysteme anschließen, d. h. die Zuflüsse haben ihre besondere Richtung, und ihr Wasser vereinigt die seine mit der des Hauptthales erst im Moment der Einmündung.

Nicht in jedem Thalsystem folgen die Höhenstufen so regelmäßig übereinander, wie wir es hier angenommen haben. Wohl nimmt in der Regel in Gebirgen jeder Art das Wachstum der Thäler nach oben zu. Doch kann es vorkommen, daß in einem plateauartig gebauten Gebirge der oberste Thalabschnitt den gleichmäßigen Lauf eines trägen Hochebenenbaches beherbergt, dessen stärkste thalbildende Arbeit erst mit dem Absturz von der Höhe über die Kante des Plateaus zusammenfällt. Die Regel ist aber, daß die Wurzeln des Thales tief in das Gebirge hineinreichen, wo sie einen Raum einnehmen, dessen Weite, Steilwandigkeit und Schuttreichtum sofort einen Schluß auf die Energie der hier thätigen Kräfte ziehen lassen. Mit Recht nannte Studer „die Regenschluchten oder Rinnen, die vom oberen Umfang eines kesselförmigen Thales in der Richtung des stärksten Falles und des geringsten Widerstandes zusammenstreben" eine „dem Geäder der Blutgefäße ähnliche Verbindung von Furchen und Gräben". (Vgl. auch die Abbildung, S. 605.)

Die Abstufung der thalbildenden Kraft nach Höhenabschnitten findet ihren morphologischen Ausdruck nicht bloß in den großen übereinander geordneten Unterschieden in der Thalbildung,

sondern auch in der Entwickelung eigentlicher Thalstufen. Betrachten wir einmal, wie Regenwasser über eine geneigte Fläche von Sand oder Erde abfließt. Es bildet keine einfache Rinne, sondern eine Aufeinanderfolge von kleinen Becken und Anschwellungen; ihnen entsprechen die Unebenheiten des Bodens eines Flußbettes und die Thalstufen. Es liegt im Bau des Gebirges, der einen Wechsel mehr oder weniger widerstandskräftigen Materials voraussetzt, daß in jedem Thale Strecken geringeren Gefälles mit Strecken stärkeren Gefälles abwechseln. Dort fließt das Wasser langsam und geht, von seinen eigenen Ablagerungen gedrängt, in die Breite, hier wirkt es zusammengefaßt in die Tiefe. Daher ist in der Regel der obere Abschnitt der Stufe eine Thalweitung, der Abfall der Stufe aber eine Thalenge (s. die nebenstehende Karte). Die Zusammenfassung kann in der Thalweitung einen See aufstauen, dessen Abfluß als Wasserfall oder Reihe von Stromschnellen in den Stufenabfall eine tiefe Schlucht gräbt. Das größte Beispiel bilden der Eriesee, der über einer Bank harten Silurkalksteins gestaut ist, der Niagara und darunter der Ontariosee. Anderer Art sind die Thalstufen, die kleinere Thäler in treppenförmige Folgen von Becken und Riegeln verwandeln; sie führen langsam zu den übereinanderliegenden Kahren über, die ursprünglich selbständig gebildet, später an den Faden eines thalbildenden Flusses aufgereiht wurden. Eduard Richter hat die letzteren Kahrtreppen genannt. Alte Gletscherbetten, die beim Rückgang des Eises ein Wasserfaden durchschnitt und verband, und Verschiebungen der die Kahrbildung begünstigenden Umstände bei langsamem Heraufrücken der Firngrenze sind dafür in Anspruch zu nehmen.



Thalenge, Inseln und halbinselartige Vorsprünge im Rhonethale bei Saint Maurice. Nach der Dufourkarte.

Nicht selten sind mehrere durch Thalengen getrennte Thalweitungen aneinander gereiht; so entsteht die rosenkranzartige Thalgliederung. Die Unterschiede der weiten und



Das Beaver-Park-Thal des Conejos-Flusses in Colorado, Nordamerika. Aus „U. S. Geographical Surveys“.

engen Stellen des Thales können dabei beträchtlich sein. Durch eine schluchtartige Enge tritt man im Ötzthal in die Ebene von Lengfeld, die 3720 m breit ist. Nachdem man im Reußthal die Schlucht der Schöllenen durchschritten hat, die so eng ist, daß früher hier überhaupt nur die Reuß allein Platz hatte, tritt man in das Thal von Andermatt, das 1200 m breit ist: mit großen Dörfern, von Straßen durchzogen, ist es eine hochalpine Kulturlandschaft für sich. Die Nordamerikaner haben solchen abgeschlossenen Thallandschaften zuerst in den Felsengebirgen von Colorado den Namen „Park“ beigelegt (s. die nebenstehende Abbildung); später hat sich der Name im Yellowstone-Park unter anderen auf ganze Gebirgslandschaften ausgedehnt, die nur künstlich abgegrenzt sind.

Da die Thalbildung auf die Ausgleichung dieser Thalstufe hinarbeitet, findet man die stufenreichsten Thäler in den jüngsten Gebirgen. Mit ihrem Wechsel von Schluchten und Weitungen, Wasserfällen und Seen ist gerade die Thalstufenlandschaft eine Hauptursache der Schönheit junger Hochgebirge.

Der Thalanfang und sein Wandern.

Wenn das Thal da beginnt, wo es als zusammenhängender Hohlraum erscheint, haben wir in jedem Gebiete, wo größere Höhenunterschiede vorkommen, einen Höhengürtel ohne Thäler über einer Zone mit ausgebildeten Thälern. In unseren Kalkalpen liegt die

Grenze zwischen den beiden bei 1200—1400 m. Dort ist zugleich die Grenze zu ziehen zwischen dem Saugadernetz der kleineren Quellbäche und deren Vereinigung zu Flüßchen. Diese Grenze fällt sehr häufig zusammen mit der Grenze der Firnflecke und sommerlichen Schneefälle, auch mit der Baumgrenze. Besonders ist sie aber orographisch deutlich ausgesprochen, denn unter ihr beginnt erst die Bildung einer echten Thalrinne, während über ihr entweder das fließende Wasser im Schutt versinkt oder mühsam hundert Wege in steilstehenden, aber meist seichten Schluchten, Runsen (ravines), in dem Gewirr von Hügeln und Felskämmen, Schutthalden und -wällen sucht. Nicht selten wird es auch in deren Winkeln zum Stehenbleiben verurteilt. Dieselbe Grenze ist endlich auch eine wirtschaftliche, denn sie sondert das Weideland von der Schutt- und Felsenregion und in den Alpen in der Regel die oberen und unteren Weideplätze (Ober- und Unterleger) voneinander. Nicht alle Thäler sind gleich scharf abgegrenzt. Ohne Übergang schieben sich die bis 2000 m tiefen Fjordthäler in die Fjeldlandschaft mit ihren flachen Mulden ein. Hier sind die Stufen der Firndecke des Fjelds und der Wasserbäche und Gletscher der tieferen Stufe getrennt durch die „Schulter“ des Thalrandes. Dagegen öffnen sich in unseren alten Mittelgebirgen viele Thäler breit in undeutlich begrenzte flache Becken, aus denen fast unmerklich Kamm und Gipfel hervorsteigen.



Regenrinnen an einem Berggehänge des Salt Creek Cañon in Utah, Nordamerika. Nach Clarence King. Vgl. Text, S. 602.

Man kann in diesen Höhengebieten lernen, wie wenig das Rückwärts- und Aufwärtswachsen der Thalbildung eine unverbrüchliche Regel ist. Der Rest des Berges verharrt keineswegs in Ruhe, während von untenher die Thäler sich einarbeiten. Der Berggipfel selbst ist

durch seine Lage ein bevorzugter Angriffspunkt. Er ist ein Maximalgebiet der durch Vegetationsarmut, Gletscherbildung, Lawinen und Schneeschmelze begünstigten Verwitterung. Aber auch weiter unten ruht die Erosion keineswegs. Eine Quelle bricht in halber Höhe hervor und erzeugt einen Riß, der sich zur Schlucht ausweitet und zum Thälchen verlängert; an einem einzigen Berghang kann man mehrere derartige Erscheinungen sehen, wo also immer der Ursprung des Thales nicht unten, sondern oben liegt. So sind im norddeutschen Tiefland Thalanfänge durch auskolkende Gletscherabflüsse geschaffen worden, die zuerst ein Becken schufen; aus diesem ergoß sich dann der Ausfluß, der das Thal nach unten fortsetzte. An steilen Schutthängen kann man



Erodierte Gebirgswand auf Spitzbergen. Nach Martin Conway. Vgl. Text, S. 601.

die Erosion, begünstigt durch Platten und Blöcke, welche die rinnenbildende Wirksamkeit des abfließenden Wassers konzentrieren, rascher fortschreiten sehen. Es ist das Prinzip, das wir bei der Schilderung der Erdpyramiden oben, S. 551, auseinandergesetzt haben: ein Hindernis, das sich der gleichmäßigen Ausbreitung des Wassers über eine geneigte Fläche entgegenstellt, konzentriert die Erosionskraft des Wassers auf eine bestimmte Stelle und lenkt sie in bestimmter Richtung. Ist so einmal der Thalursprung gegeben, dann allerdings schreitet von dieser Stelle aus die Arbeit in der bekannten Weise einwärts und aufwärts fort. Je größer das Gefälle ist, desto früher und sicherer treffen verschiedene Angriffspunkte dieser Art zusammen und erzeugen eine zusammenhängende Rinne. Gestein und Wasser zeigen sich hier gleich stark von der Schwere beherrscht. Thalbildung in flagranti möchte man es nennen, wenn ein Bergwasser in dem Riß eines eben erst niedergegangenen Bergsturzes zwischen frisch bloßgelegten Felsen herabschäumt, wie Steffen von der bergsturzreichen Boca de Reloncavi in Südchile berichtet.

Das Kahr oder der Thalzirkus.[1]

Der Anfang jedes Thales ist deutlich ein natürlicher Abschnitt, der zunächst durch seine Höhenlage ausgezeichnet und durch sie mit besonderen Eigenschaften ausgestattet ist. In den Gebirgen bedeutet dies, daß er in einer anderen klimatischen Zone liegt als die Thalabschnitte, die weiter unten folgen. Die Thalanfänge liegen in höheren Gebirgen großenteils in einer Höhenzone reichlicher Niederschläge, über der Waldgrenze. Sehr oft sind sie von Gletschern ausgefüllt; in gletscherlosen Gebirgen der gemäßigten Zone liegen sie in der schuttreichen Firnfleckenzone, also in der Nähe der Firngrenze. In diesem Falle stehen sehr oft kleine Seen in ihrer Tiefe. Aber in einer gewissen Höhe tritt an jedem Berge eine Neigung zu besonderen Vertiefungen hervor, von denen Thäler ausgehen, und zwar häufiger an der Nord- und Ostseite als an der Südseite; selbst im Schwarzwald bevorzugen die alten Kahre, in denen die kleinen Seen liegen, jene Lagen. Mit der Zeit werden die Hohlformen tiefer, treten näher zusammen, die Schuttmassen, die in ihnen sich anhäufen, nehmen zu, während Humus und Pflanzenboden abnehmen; die Felsrippen treten aber nicht immer so weit zurück, um einem einzigen Kessel Ursprung zu geben. Die hohe Rückwand eines solchen Thalbeckens setzt sich dann aus kleineren Hohlräumen zusammen, die in den Berg hineingearbeitet sind und in dem wellenförmigen bis zackigen Verlauf der Ränder der Kammfläche deutlich zum Ausdruck kommen. Treten ihre kulissenförmigen Wände näher zusammen, so entsteht ein Kamin, in dem sich ein Menschenkörper notdürftig hinaufzwängen mag; tiefer



Das Gamskahr an der Zugspitze. Nach den bayrischen Positionsblättern.

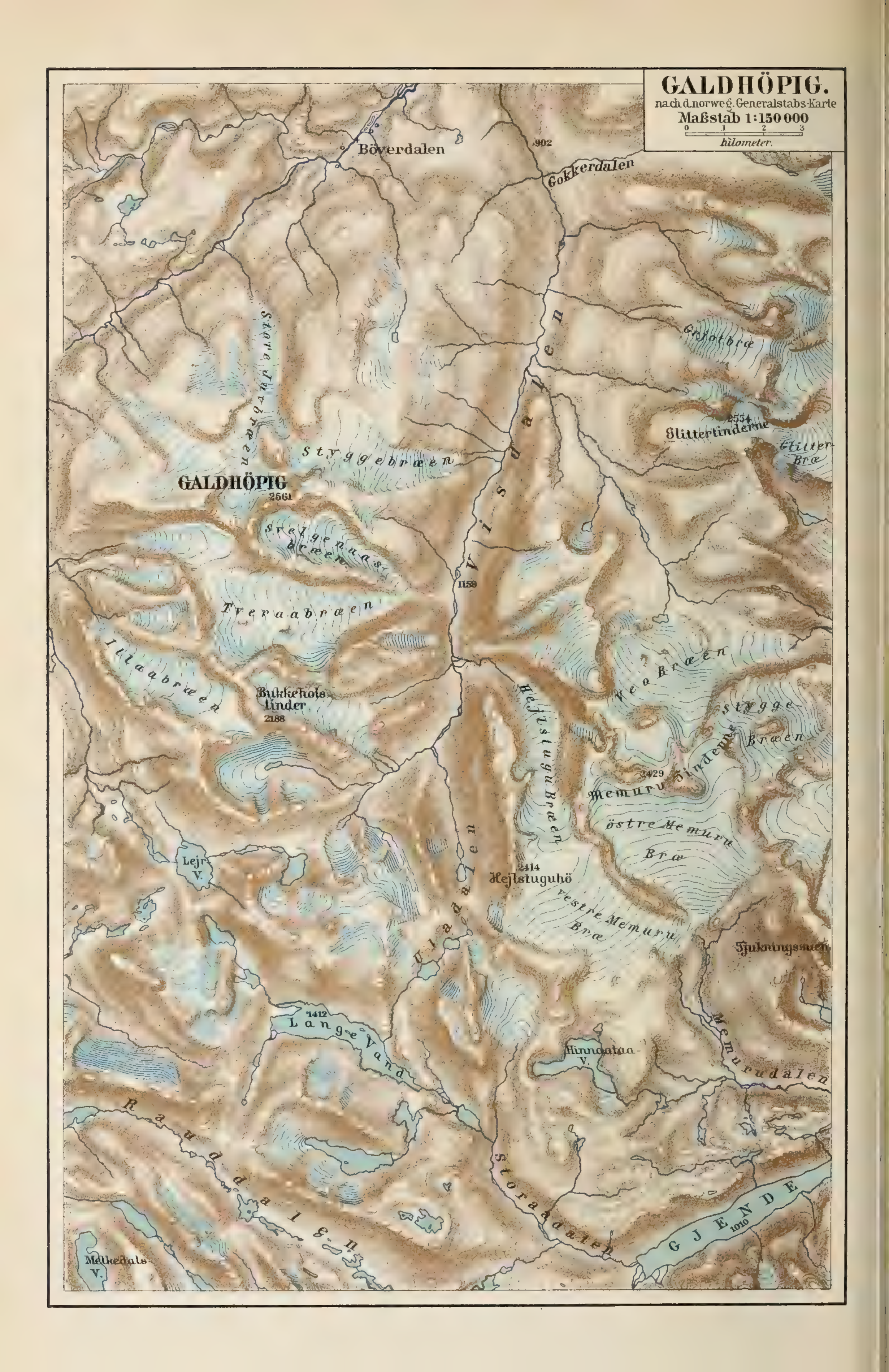
[1] Kahr, derselben keltischen Wurzel entsprungen wie Karren, ein Hohlraum, Kessel, und nicht, wie Schlagintweit will, auf kehren oder verkehren (der Gemsen) zurückzuführen oder, wie andere wegen der oft schön halbkreisförmigen Rückwand meinten, auf Chor. In der Wendelsteingegend heißt überhaupt jede kesselartige Vertiefung im Berg Kahr: die Alpe liegt im „Kahr". Im Hochland Norwegens heißen dieselben Thalkessel Botn, Mehrzahl Botner.

und breiter, mehr schluchtartig, ist das Couloir, das weiter unten durch den Schmelzwasserfaden eines Firnflecks zum Schluchtenthälchen wird. Mit ihren Quellen und, in beträchtlicherer Höhe, ihren Firnflecken oder kleinen Gletschern, endlich ihrer Schuttbewegung erscheinen diese gesonderten Nischen und Gruben wie ebensoviele Zellen, deren jede ihr eigentümliches Leben besitzt, das an Quellen oder Firnflecke wie an einen Kern sich anschließt. Gerade in ihnen gibt sich kund, wie wenig das Kahr ein totes Ding, sondern Mittel- und Zielpunkt einer von allen Wänden her zusammenstrebenden und -wirkenden Thätigkeit ist. Eis, Schnee, Wasser und Schutt werden hierher von einer großen, reich entwickelten Fläche zusammengebracht, und der Schutt wird von seinen flüssigen Begleitern ausgebreitet und gemodelt. In größerem Maße und größerer Zahl wiederholen bei Bergen von beträchtlicherer Höhe sich diese Hohlräume auf verschiedenen Stufen, besonders deutlich in den Firnmulden der Gletscher, wobei die höher gelegenen den tiefer liegenden, die kleineren den größeren tributär sind.

Wandert man in 1800 oder 2000 m Höhe an einem Berghange nahe dem Fuße der Felswände entlang, welche die Gipfel aufbauen, so steigt man von einem Kahr ins andere, findet in dem einen Quellreichtum, im anderen Firnflecke, im dritten, höchstgelegenen, Gletscher, überall daneben große Schuttmassen. Es ist wesentlich dasselbe: Wasser in allen Formen, in großer Fülle und starker Bewegung, dazu der Vorgang des Zerbrechens und der Bewegung des Berges deutlichst ausgeprägt. Hier erhält man die Vorstellung, daß das Gerüst des Berges die Grundlage und das Skelett eines Aufbaues von Erosionszellen sei, und daß die höchsten Teile, Gipfel und Kämme, recht eigentlich die Wände dieser Zellen seien, in denen das am Kahrausgang schon sich vertiefende und konzentrierende Wasser eine breite Oberfläche bearbeitet. Im Rilagebirge (Balkanhalbinsel) liegen oft mehrere, am Edi Djöl nicht weniger als 7 Kahre übereinander; viele enthalten kleine Seen, die von Firnflecken gespeist werden und Flüsse aussenden. In der Hochglückgruppe des Karwendelgebirges, welche die ausgezeichnetsten Kahrbildungen hat, sind die Kahre sehr tief in den Wettersteinkalk hineingetrieben, der hier die höchsten Gipfel ausschließlich bildet. An manchen Stellen stehen nur noch 300 m breite Felsmauern zwischen den Kahren, deren Wasser zum Vomperbach hinabsickert, und denen, die nach dem Rißbach in nördlicher Richtung ihr Wasser senden, also mit anderen Worten zwischen der Inn-Isar-Wasserscheide. Zugleich sind hier die Kahre von großer Gleichmäßigkeit des Baues, ausgenommen allein die in ihren obersten Teilen mit Firneis gefüllten beiden Eiskahre an der Spritzkahrspitze. Den schuttbedeckten Kahrboden betritt man bei durchschnittlich 2000 m Meereshöhe, nachdem man Schutthalden, Rasenhänge (Lahner) und Felsriffe überschritten hat, die durchaus steiler sind als der Kahrboden. Der Kahrboden selbst ist durch Firnfleckenmoränen mit grobem und feinem Schutt, durch Firnflecke und Felsriffe mannigfaltig gegliedert. Er ist arm an Pflanzenwuchs, und man ist in einer neuen Welt, wenn man die oft etwas erhöhte Schwelle zum Kahr überschritten hat. Es herrscht hier entschieden das Braun, Grau und Weiß des Schuttes und Firnes vor und gibt dem Charakter der Landschaft etwas Wildes, Ödes, aber zugleich Großes. Die Schwelle liegt bei den meisten Kahren dieses Gebietes in 1900—2000 m Meereshöhe, der obere Rand in 2300—2400 m. Ich gebe hier ein kleines Verzeichnis der Höhenlage der wichtigsten Kahre in dem östlichen Karwendelgebirge:

Auf der Südseite	Schwelle	Oberer Rand	Kamm
Spritzkahr	2000	2300	2550
Ödkahr	1900	2300	2500
Schneepfanne	1800	2350	2500
Schafkahr	2000	2500	2600
Lamskahr		2500	2500
Auf der Ostseite			
Hochglückkahr	1900	2300	

Die Glazialspuren sind in dieser Höhe auf dem Boden der Kahre allgemein verbreitet, verbunden mit den Spuren der Einwirkung größerer Firnflecke auf ihre Unterlage, die wir im zweiten Band im Kapitel „Schnee, Firn und Gletscher" besprechen werden. In den Eiskahren liegen die einzigen Gletscher



GALDHÖPIG.
nach d. norweg. Generalstabs-Karte
Maßstab 1:150 000
kilometer.
Böverdalen
902
Gokkerdalen
Store Jurvbræen
Styggebræen
Visdalen
Grotbræ
2554
Glittertinderne
Glitter-Bræ
GALDHÖPIG
2561
Svellgenaasbræen
1158
Treraabræen
Illaabræen
Bukkeholstinder
2188
Veo Bræen
Stygge-Bræen
Heilstugu Bræen
2429
Memuru Tinderne
östre Memuru Bræ
Lejr-V.
Uladalen
2414
Hejlstuguhö
vestre Memuru Bræ
Sjukningssuen
1412
Lange Vand
Hinnodtaa-V.
Memurudalen
Rauddalen
Storaadalen
GJENDE
1010
Melkedals-V.

des Karwendelgebirges, zwar nur kleine Firngletscher, aber mit Spalten und Moränen ausgestattet. Diese Kahrschwellen oder -ränder bilden eine eigenartige Landschaft. Schon von unten sieht man die Schwellen der Jöcher und der Kahrausgänge durch runde Felsbuckel bezeichnet, zwischen und auf denen gelber Graswuchs und dunkle Legföhren und, wie herauskriechend, die Zungen von Firnflecken erscheinen. Bei näherem Zusehen finden sich hier auch Rinnen, die an Karrenfelder erinnern.

Nicht jedes Kahr ist auch im strengen Sinne ein Thalanfang. Wohl mögen kleine Rinnsale ihren Weg über die Schwelle finden, aber die zusammenhängende Rinne des Thales beginnt erst weiter unten. Die meisten Kahre liegen oberhalb des Höhengürtels dauernd fließenden Wassers. Daher herrscht im Inneren eines schutterfüllten Kahrs immer eine gewisse Regellosigkeit der Lagerung. Das Wasser, wenn es vorhanden ist, das im Großen ordnende und gliedernde Prinzip, kommt hier auch wegen des Versinkens im Schutt nicht zur Wirkung. Nur die von den Rändern einander entgegenschiebenden Schuttmassen bewirken eine Art von thalartiger Gliederung. Außerdem erkennt man leicht von unten nach oben eine Art von Schichtung nach dem Alter. Über den alten Schutt hat sich eine Rasendecke gezogen, die sich unter unseren Füßen, indem wir ansteigen, verdünnt und in eine Art Heide von Grasbüscheln und Alpenrosen verwandelt. Was rasenartig weiter hinaufzieht, ist keine Wiese mehr, sondern das lange, zähe „Lahnergras", das auf den Bahnen der Lawinen oder „Lahnen" zu Boden gedrückt sich entwickelt.

Die Halbkreisform der Kahrränder ist die Folge der Ausbreitung des Zerfalles unter wesentlich gleichen Gesteins- und Wetterverhältnissen von einer Stelle aus, die in den Kahren der Alpen zumeist ein Wasserriß, in den Botnern Norwegens eine Verwitterungsgrube oder -nische war.

Ausgezeichnet durch große und regelmäßige Kahre, welche die rundlichen Fjeldformen in auffallender Weise unterbrechen, ist das Hochland der skandinavischen Halbinsel, wo das Kahr den Namen Botn, Mehrzahl Botner, führt. Am höchsten Gipfel, dem Galdhöpig (s. die beigeheftete Karte „Galdhöpig"), öffnet sich an der Ostseite ein steilwandiges Amphitheater, das einen fast vollständigen Halbkreis von ungefähr 1/2 km Radius bildet. Es ist eines der regelmäßigsten Kahre, die man sehen kann, und führt eben deswegen den bezeichnenden Namen Kjedel, d. i. Kessel. Die Rückwand ist 200 m hoch, sinkt von dort nach den Flanken hin allmählich ab. Wo die Wand aufhört, schließen sich Moränenwälle an: das Erzeugnis eines kleinen Gletschers, der auf dem Boden des Kahrs liegt, und dessen Schmelzwasser in einen abflußlosen See mündet. Von den Rändern der den Kessel umfassenden Höhen schaut Firn herab.

In der geographischen Lage der Kahre ist ein Teil ihrer Entstehung und Geschichte schon ausgesprochen. Oberhalb der zusammenhängenden Pflanzendecke und der mit ihr zusammengehenden Wasserfäden dauernder Bäche, in oder unmittelbar unter der Firngrenze gelegen, ist das Kahr das Werk der Verwitterung und des Transportes unter den eigentümlichen Bedingungen einer Höhenzone, wo die den Boden schützende Pflanzendecke fehlt, während die Temperaturschwankungen, die Niederschlagsmengen, die Lawinen und die Firnflecke dem Gesteinszerfall und -transport günstig sind. Ebendeshalb bedeuten uns Kahre im Riesengebirge oder im Böhmer Wald innerhalb der Waldgrenze so sicher eine einstige Klimaänderung, wie eine Moräne oder ein Fels voll Gletscherschrammen, d. h. sie müssen in einer Zeit entstanden sein, wo die Firngrenze niedriger lag. In anderen Gebirgen wird der untere Rand eines noch fortwachsenden Kahres sehr oft gerade in der Höhe der Firngrenze gelegen sein. Die Gesteine machen keinen Unterschied; die Kahre im Granit, Gneis, Schiefer und Kalk sind einander so ähnlich, wie die verschiedene Zersetzungsweise ihrer Gesteine es zuläßt.

Über den ersten Anfang des Kahres können verschiedene Ansichten gleichberechtigt sein. Es genügt eine kleine Thalrinne und eine Ausbruchsnische. Cvijič kann für die Kalkgebirge manchmal recht haben, wenn er einen seine Felsunterlage allmählich zersetzenden Firnfleck als den Ausgangspunkt annimmt. Da aber die Gebirge, in denen heute Firn und Gletscher in den Kahren liegen, ihre präglazialen, bis zu den höchsten Kämmen hinaufgreifenden Thalsysteme hatten, ist eine alte Thalrinne als Keim des Kahres in vielen Fällen am wahrscheinlichsten. Schwand die Vegetation, erstarrte das fließende Wasser, so geriet die bisherige Thalbildung in Stillstand, und es setzten die starken Wirkungen des Zerfalls durch Schnee, Schmelzwasser, Frost ein. Bei weiterer Erniedrigung der Temperatur stiegen die Gletscher hinab, welche die Wannen ausräumten. Daß in allen Fällen in den Höhen, wo Kahre zu liegen pflegen, die die Sohle ausräumenden und ausebnenden Gletscher zeitweilig mitgearbeitet haben, wäre selbst dann anzunehmen, wenn nicht so oft die rundlich abgeschliffene Kahrschwelle von der einstigen Anwesenheit eines Gletschers Kunde gäbe. Öfter wiederkehrender Klimawechsel wird diesen Prozeß sich haben wiederholen lassen und endlich das Kahr vollendet haben.



Thalzirkus in den Seealpen. Nach Photographie von Fritz Mader.

Der älteren Auffassung nach konnte eine so große Erscheinung nur die Wirkung eines Einsturzes sein, eine spätere sah darin eine in der Gebirgsfaltung vorgezeichnete Stufe. An der Bildung der großartigen Thalabschlüsse der Kalkgebirge hat nun jedenfalls auch die unterirdische, mit Einstürzen verbundene Entwässerung der Kalkgebirge ihren Anteil gehabt. Die Quellbäche, oft sehr mächtig aus dem Fels hervorbrechend, haben ihre Betten nicht bloß

oberflächlich nach rückwärts verlängert, sondern das Quellwasser hat dieselbe Arbeit in der Tiefe wiederholt. Auch das sommerlang in den Schutt hineinrieselnde und -tröpfelnde Schneeschmelzwasser hat Kalk- und Thonteilchen gelöst oder verschwemmt.

Thalgehänge und Thalterrassen.

Die Erosion des fließenden Wassers verlegt die aushöhlende Kraft in die Tiefe und konzentriert sich immer mehr auf eine schmale Rinne, wenn sie auch anfänglich in die Breite gegangen war. Dabei hat aber jede Vertiefung eines Thales mit der Zeit auch eine Verbreiterung der ganzen Furche nach oben hin zur Folge, da damit die der Abtragung freigelegte Fläche wächst. Wo die Flußerosion vorherrscht, werden also die höher gelegenen Formen des Bodens für lange Zeiträume nur durch Unterwaschung und langsame Abtragung verändert, während das fließende Wasser sich weiter unten immer tiefer wühlt. Damit fallen also die Gehänge der Wirkung anderer Werkzeuge anheim als die Rinne. Die Folge ist hier das Vorwalten gewölbter Gehänge, wodurch die Querprofile der Thäler konvexe Seitenlinien erhalten. Im Landschaftsbild spricht sich das für den Blick, der thalaufwärts gerichtet ist, in dem kulissenförmigen Hintereinandervortreten sanft gewölbter Thaleinfassungen aus. Wo das Gefälle der Flüsse beträchtlich und die Wassermasse nicht zu gering ist, treten diese konvexen Thalhänge am deutlichsten hervor. Wo das Gefälle so stark ist, daß der Fluß sich klammartig einschneidet, entstehen dagegen nicht bloß Thäler mit senkrechten Wänden, sondern das Bestreben des stürzenden Wassers, seitwärts auszuweichen, unterwühlt und schafft überhängende Thalwände (vgl. die Tafel „Partnachklamm" bei S. 588). In der Gipfelregion sind dagegen Mulden nicht selten; nur im Mittelgebirge herrschen in der Gipfelregion fast durchaus konvexe Gehängeformen vor.

Nach dem Verhältnis der Gehänge zum Thal liegt die Unterscheidung V-förmiger und U-förmiger Thäler am nächsten. V-förmig sind die Schluchten und im allgemeinen die jungen Thäler; die U- oder Trogform, die eine beträchtliche Breite voraussetzt, kommt dagegen bei älteren Thälern und bei Thälern breiter oder veränderlicher, von Thalrand zu Thalrand wandernder Flüsse und solcher Flüsse vor, an deren Bildung sich Gletscher beteiligt haben; diese erodieren ebenfalls zugleich an den Rändern und verbreitern den Thalboden und räumen die Schutteinlagerungen aus. Auch die Gesteine begünstigen die eine Thalform vor der anderen.

Das obere Elsaß zeigt breite Thäler, die in die Gneisvogesen hineinführen, mit ebenem, flachem Grund: ganze abgeschlossene Landschaften für sich, wie das Breusch- und das Weilerthal. Es sind die Schiefer, Grauwacken und das Rotliegende, die hier ausgewaschen sind. Aber diese Thäler sind in der Regel nicht sehr wasserreich, weil die Klüfte des Gebirges einen Teil der Wässer unmittelbar in die Tiefe führen. Der Bach, der sich durch ein solches Thal schlängelt, steht ganz außer Verhältnis zu den Ausmaßen des alten Thales. Die Thäler in den Sandstein-Vogesen sind dagegen immer viel mehr schluchtartig, schmal, tief eingeschnitten, steilwandig, vielfach gewunden. Der häufige Wechsel von Sandstein und Thon erleichtert in hohem Maße die Quellbildung und die Entstehung wasserreicher Bäche. Daher sind die nördlichen Vogesen, wenn auch niedriger, doch in ihrer Art wechselvoller gebaut als die südlichen.

Tritt ein Erlahmen der thalbildenden Kraft ein, so daß der Schutt zurückgestaut wird, so beginnt die Ausebnung des Thales mit dem Hinaufwachsen des Schuttes an den Gehängen, die mit der Sohle des Thales in eins verschmelzen, so daß aus der Thalrinne oder dem Thaltrog eine flache, schüsselartige Thalmulde wird, in der die Gehänge verschwinden.

Beide Thalgehänge sind selten vollkommen symmetrisch. In vielen Fällen ist das dem vorwaltenden Wind gegenüberliegende steiler, da das Wasser nach ihm hinübergedrängt wird. Diese Asymmetrie der Thalgehänge ist in West- und Mitteleuropa weitverbreitet. Es versteht

sich von selbst, daß auch die Gesteinsunterlage Ungleichheiten hervorbringen kann, besonders wo das Thal auf der Grenze zweier Formationen eingegraben ist.

Aus dem Gehänge treten **Thalleisten** vor, die in der Regel nur schmale Stufen sind, sich aber oft zu besonderen Hochebenen verbreitern, die man in der Sächsischen Schweiz als Ebenheiten bezeichnet, anderwärts als **Terrassen** (s. die untenstehende Abbildung), Tafeln, Mesas. Sie sind charakteristisch für den Bauplan der großen Cañonlandschaft, der den Eindruck erweckt, als habe sich die Thalbildung auf stufenweise immer engere Räume zusammengezogen. Die



Eine **Thalterrasse** am Plattefluß in Colorado, Nordamerika; in der Entfernung das Felsengebirge. Nach Photographie von Jackson.

Rinne des heutigen Flusses erscheint daher wie ein Thal im Thale, die Ebenheiten über ihr wie der Boden eines älteren, breiteren Thales.

Zwischen die Wände des Thales, die den festeren Teilen der Erdrinde angehören, und die Sohle, auf und in welcher der Thalbildner, der Fluß, sich bewegt, und die zum Teil vom Schutt gebildet wird, den dieser hergeführt, finden wir ein drittes Element randweise eingelagert: die **Schutthalden**. Die Schutthalden schieben die von den Wänden abbröckelnden Gesteinstrümmer in die Sohle des Thales in Form von kleinen Bergen vor oder bilden auch weit fortlaufend zusammenhängende, kleine Schuttgebirge. Diese Anlagerungen sind nicht bloß räumlich durch ihre Lage ein Übergangsglied zwischen dem flüssigen Inhalt und der festen Schale des Thales; auch stofflich stehen sie in der Mitte zwischen dem flüssigen Wasser des thalbildenden Flusses und dem starren Gesteine oder dem zusammenhängend gefügten Erdreich der Wände als leichtbewegliches Schuttmaterial, das ebenso leicht in Bewegung gerät, als es beim Mangel anstoßgebender Kräfte erstarrender Trägheit anheimfällt. Das fließende Wasser erhält vielfache

Gelegenheit, auf diese Rand- und Übergangsgebilde zu wirken, sei es, daß sie, durch fortwährende Zufuhr sich bereichernd und wachsend, dem Flusse näher rücken, sei es, daß dieser selbst, zeitweilig anschwellend, in sie eindringt, endlich sie sogar überschwemmt und sie im ganzen oder teilweise in Bewegung setzt. Schon oben, S. 219 u. f., haben wir angedeutet, wie Grundschwankungen in ihre Bildung eingreifen mußten, indem Hebungen im unteren Lauf den Fluß stauten, im oberen ihn beschleunigten, dort zur Aufschüttung, hier zum Einschneiden veranlaßten. In allen diesen Fällen aber prägt das Wasser ihnen Formen auf, die dessen eigenes Wesen auf das des Schuttes übertragen und dauernd die Folgen der Wasserwirkung an ihm zur Erscheinung bringen.

Der häufigste Fall eines eindringenden Angriffs des Flusses auf den Schutt der Thalwände führt auf oft, vielleicht jährlich wiederkehrende Überschwemmungen zurück, die im einzelnen verschieden sein mögen, im ganzen aber einen mittleren Höchststand erreichen. Die mit der Wassermasse rasch wachsende Transportkraft und Schuttführung befähigen das Wasser, indem es steigt, zu immer größeren Wirkungen auf die Schuttaufhäufungen, die es an seinen Flanken vorfindet. Der Fluß greift sie an, führt ihren Inhalt fort und setzt ihn weiter unten ab, wodurch das Thal ausgeebnet und abgeglichen wird, soweit das Wasser reicht. Schutt von verschiedenstem Ursprung, Fluß-, Gletscher-, Lawinenschutt wird in diese Arbeit hineingezogen. Kehrt der Fluß in sein altes Bett zurück, dann bleiben diese Ablagerungen über ihm und zu seinen Seiten als Schuttstufen oder -terrassen liegen, und wenn er sich im Lauf der Jahre tiefer einwühlt oder wasserärmer wird, bestehen sie als langdauerndes Denkmal eines einstigen Hochstandes fort. So oft auf eine Zeit der vorwaltenden Ablagerung ein erneutes Einschneiden gefolgt ist, so viele Terrassen liegen übereinander.

Es ist nicht immer leicht, Flußterrassen in der Nähe der Ausmündung ins Meer von Küstenterrassen zu unterscheiden. Aber die Zusammensetzung aus Geröll und die langsame Neigung ihrer Oberfläche thalauswärts spricht für die Bildung durch Flüsse, die einst höher standen als jetzt und vielfach auch mehr Wasser und Transportkraft hatten.

Wo die Terrassen so großartig ausgebildet sind wie in den Andenthälern, da sieht man sie in allen Abänderungen, von der einseitig ein Thal in 500 m Höhe über der heutigen Sohle begleitenden Leiste bis zu der tischartig flachen Geröllinsel, die allein von einer alten Schotterdecke übriggeblieben ist. Am eindrucksvollsten aber bleiben die Parallelzüge, die auf beiden Thalhängen in gleicher Höhe hinziehen und, mehrfach übereinandergebaut, so rein ausgebildet sind, daß sie als ein großer Zug in der Landschaft schon dem einfachen Wanderer auffallen. Sie folgen mit langsamer Neigung der Fallrichtung des Flusses und zeigen in den verschiedenen Thälern eines Flußsystems eine allgemeine Übereinstimmung der Höhe, die nur als der Ausdruck gleicher Verhältnisse der Erhebung und des Klimas in der ganzen Landschaft zu deuten sind.

In zwei wichtigen Beziehungen helfen also Terrassenbildungen die Bildungsgeschichte eines Thales aufhellen. Sie zeigen einmal, bis zu welcher Höhe die Schuttablagerungen stattgefunden haben, und dann, wie das Wasser sein eigenes Bett immer mehr vertieft hat. Sie sind dadurch ein Maßstab des Wachstums und Rückganges der thalbildenden Kraft, unter dem Einfluß entgegenstehender Hindernisse, die langsam bewältigt wurden. Vor allem sind sie Denkmäler rascher Umsetzungen dieser Kraft und können selbst Grundschwankungen und Klimawechsel andeuten. Es ist dabei besonders der Umstand zu beachten, daß, wenn das Wasser sinkt, es nicht bloß räumlich sein unmittelbares Wirkungsgebiet einengt, sondern auch in rasch abnehmendem Maße an Transportkraft verliert. Denn mit seiner Masse verringert sich auch seine Geschwindigkeit, und auf beiden beruht seine thalbildende Kraft. Aus dem Fluß wird durch Stauung

ein See, und in dem See findet fast nur Ablagerung statt, während bei dem Fluß die Hauptarbeit in dem Einschneiden in die Ablagerung besteht. Daher die schöne Regelmäßigkeit gerade der Seeterrassen in Thälern, wo durch Wegräumung einer Abflußhemmung der See in einen Fluß zusammengeschwunden ist.

Es ist interessant, zu beobachten, wie im festen Gestein das Wasser mit einem viel größeren Aufwande an Zeit ähnliche Spuren seiner erodierenden und nivellierenden Kraft zurückläßt wie im Schutt. Es gibt Thäler, in denen im festesten Gestein zwei Kanäle ausgetieft sind, einer für die größere Wassermasse bei Hochstand, ein anderer für die geringere bei Tiefstand. Von Richthofen hat ein Beispiel derartiger Terrassen aus dem Thale des Yangtse angeführt, wo dieser das Gebirge verläßt. Man wird indessen immer voraussetzen dürfen, daß, wo solche Stufen sich bilden, sie keinem nur vorübergehenden Wechsel des Wasserstandes entsprechen; ihre Bildung wird vielmehr zeitlich weit auseinanderliegen. Als das Wasser auf der höheren und breiteren Stufe floß, wurde es vielleicht durch einen Thalriegel aufgestaut, der endlich durchbrochen ward, worauf bei rascherem Abfluß ein engeres und tieferes Bett gegraben wurde. Am häufigsten hat wohl die Ablösung der Eiserosion durch Wassererosion zur Bildung von Felsstufen Anlaß gegeben in einem Thale, das früher von einem Gletscher erfüllt war, dann aber freigelegt wurde, und es ist sogar möglich, daß Eis und Wasser gleichzeitig an der Bildung eines höheren, breiteren und tieferen, engeren Kanals arbeiten. Es kann dies geschehen, wenn an der Sohle des Gletschers die Bedingungen für die Ansammlung des Wassers in einer Rinne günstig sind, deren Übergang zur Gletschersohle dann durch eine Felsstufe bezeichnet wird. Wieder eine andere Art von Erosionsterrasse findet man in dem aus übereinanderlagernden, festen und lockeren Bestandteilen aufgebauten Boden, wo die Durchbrechung einer festen Schicht immer eine starke Steigerung der Erosionskraft bewirkt, wodurch die Thalsohle tiefergelegt wird. Erosionsterrassen solcher Art sind in den meist sehr tiefen Thälern der Pampasflüsse zu finden.

Der Thalausgang.

Am Thalausgang verschwinden entweder die Thalgehänge ganz oder biegen nach entgegengesetzten Seiten um und lassen einen so breiten Raum offen, daß das Thal aufhört. Nicht selten treten aber die Gehänge auch näher zusammen und schließen das Thal ab, wobei es sogar vorkommen kann, daß das Wasser des Thales unter einer „Naturbrücke", die ein blindes Thalende bildet, einen unterirdischen Abfluß sucht. Mehr Tunnels als Brücken sind die langen Höhlungen, in denen Karstflüsse von einer Höhle oder Doline zur anderen unterirdisch fließen, wie die Reka unter Sankt Kanzian. Umwallungen von Thalmündungen wie die oben genannten sind in den Alpen sehr häufig. Ist doch fast jeder größere Bach in den Alpen eigentlich ein Schlüssel und Wegweiser zu einem Hochthale, zu einem abgeschlossenen, weltentlegenen Idyll. Ins Grödnerthal, Sarnthal, Alpbachthal und viele andere gelangt man erst, wenn man die Höhe überstiegen hat, durch die der Bach im unteren Laufe sich zwängt. Ludwig Steub nannte mit Recht eine solche Thalfahrt eine Bergpartie. Solche Thalpforten gewinnen natürlich an Bedeutung, wenn sie den einzig möglichen Zugang zu einer ganzen Verzweigung von Seitenthälern bilden, wie das enge Thal des Aternó der einzig gangbare Einlaß zu dem inneren Becken der Zentral-Abruzzen ist. Zu einem eigentlichen Gebirgsthor, das rechts und links von den mauer- oder bastionenartigen Resten eines Thaldurchbruches eingefaßt ist, wird der Ausgang von Thälern, die wallartige Gebirge durchbrechen; so die Porta Westphalica.

Ein Nebenthal mündet ins Hauptthal, ein Hauptthal aber in eine Ebene oder in das Meer. Während mit dem Thalausgang in die Ebene das Thal nur noch als flache Flußrinne ohne erhöhte Ränder besteht, kann der vermehrte Fall am Küstenabhang ein neues Thal in die vom Flusse selbst ausgeschütteten Sedimente eingraben (s. oben, S. 413). Ausgänge von jungen Nebenthälern können hoch über das Hauptthal zu liegen kommen; je älter aber ein Thal ist, desto näher liegt sein Ausgang einer Linie, die den Thalanfang mit dem Endpunkte der Erosion verbindet.

Es können nur junge Thäler sein, die dort, wo der Westrand des Kaukasus an den Pontus herantritt, hoch über dem Meere auf den Kliffrand der steilen Küste münden. Man könnte in solchem Falle auch an Hebung der Küste oder auch an rascheren Fortschritt der Brandungswirkungen denken, die beide die Thalausgänge zurück- und hinaufdrängen müssen. Wenn auf einer ganzen Insel wie Norfolk (nördlich von Neuseeland) kein Thal den Meeresspiegel erreicht, sondern alle Bäche von 10—15 m Höhe als Wasserfälle herabstürzen, so ist ebenfalls außer an Hebung auch an die Wirkung der Brandung zu denken, welche die Thalbildung in den tieferen Teilen unterbrochen haben kann.

Die geographische Verbreitung und Lage der Thäler.

Die Thäler sind über alle Teile der Erde verbreitet, die offen liegen, d. h. nicht vom Wasser in flüssiger oder fester Form bedeckt sind. Sie fehlen weder ganz dem Meeresboden, auf dem man ihre Ausläufer vom Lande her verfolgen kann (s. oben, S. 428), noch dem von Inlandeis bedeckten Boden der Polarländer. Auf dem letzteren haben wir sie sogar vorauszusetzen, da wir die Fortsetzungen von Fjordbuchten unter dem Eis verschwinden sehen. So haben wir auch das Recht anzunehmen, daß unter der Schlammdecke des Meeresbodens unzählige Thäler begraben liegen, die in der Zeit gebildet wurden, als dieser Meeresboden trockenes Land war. Im übrigen muß die Verbreitung der Thäler von der Verbreitung des fließenden Wassers abhängen. Die niederschlagsreichen und flußreichen Zonen sind auch die Zonen der zahlreichsten, größten und tiefsten Thäler; das sind die Gebiete der Äquatorialregen, der Monsunregen und der Regen zu allen Jahreszeiten. In Amerika fallen in dieses Gebiet z. B. an den Westküsten die Strecken nördlich vom 50. und südlich vom 40. Breitengrad, an denen viele tiefe, seenreiche Thäler münden. Aber von hier äquatorwärts sind große Landblöcke unzerthalte, ungegliederte Hochländer geblieben. So liegen überall, wo Klimagebiete von sehr verschiedenem Niederschlagsreichtum zusammentreffen, auch grundverschiedene Thallandschaften nebeneinander. Hinter dem durchthalten und durchschluchteten Äußeren des Himalaya liegt ein ungegliederter Landkern, und dem thalreichen Westen Vorderindiens steht der thalarme Osten gegenüber. Nur wo die Passatwinde die Hawaïschen Inseln mit Regen überschütten, sind 600 m tiefe Klammen eingeschnitten: so auf der Luvseite von Oahu, die der Passat bestreicht, so auf der Regenseite von Maui, wo die Klammen und Turmklippen sogar an das klassische Cañongebiet des Colorado erinnern. In Afrika ist besonders der Gegensatz des Thalreichtums des Ostens von Südafrika zu der Thalarmut des Westens auffallend. Die 400 m tiefen Schluchten bezeugen an den Flanken des Pik von Kamerun eine Erosionsarbeit der Regenbäche, die nur möglich ist, wo über 2000 mm Niederschläge im Jahre fallen. Vielfach läßt sich auch in der gemäßigten Zone der größere Thalreichtum der Regenseite der Gebirge nachweisen.

Von der Größe des Gefälles hängt die Größe und Tiefe der Thäler ab. Die mächtigsten cañon-, schluchten- oder V-förmigen Thäler, die durch Flüsse von starkem Gefälle unter geringer Mitwirkung der Abtragung gebildet werden, sei es, daß sie zu rasch fortschreiten, als daß die Abtragung ihre Gehänge modellieren könnte, sei es, daß die klimatischen Verhältnisse

der Abtragung ungünstig sind, gehören trockenen Hochländern an, die wasserreichen Gebirgen vorgelagert sind, wie das Steppenland Nordamerikas (s. die beigeheftete Tafel „Der Grand Cañon des Yellowstoneflusses“), das Andenvorland Patagoniens, auch das Swakopthal ist stellenweise reiner Cañon; ferner schroffen Stufenländern wie Spanien, dessen Flußthäler schmal und tief eingeschnitten sind, wobei auch die lange Dauer der Thalbildung in dem alten Lande in Betracht zu ziehen ist und Hochgebirgen mit gewaltigen Reservoiren voll Wasserkräften in Seen oder Gletschern. Fast alle Hochgebirge der Erde und auch Labrador, wo der 96 m hoch herabstürzende Fall des Grand River einen 40 km langen, 120 m tiefen Cañon in Gneis eingeschnitten hat, gehören hierher. Endlich wird diese Thalbildung auch dort begünstigt, wo die Abtragung durch die Durchlässigkeit des Gesteins erschwert wird, und der Schluchtenbildung die senkrechte Zerklüftung entgegenkommt (Quadersandstein des Elbsandsteingebirges).

Bei einer Wanderung aus dem Monsunregengebiet Südasiens in die Steppen und Wüstengebiete Zentralasiens durchschreiten wir zuerst die typischen Thäler eines hohen und regenreichen Faltengebirges. Im Südabhang des Himalaya steigen Thäler mit starkem Gefälle, an vielen Stellen schluchtähnlich, aus dem sumpfigen Tiefland des Tarai empor, die nur an wenigen Stellen, wie Kaschmir und Kulu, von breiteren Gebilden ersetzt werden. Reißende Flüsse durcheilen sie, und die Formen der Kämme sind durch erstaunliche Wildheit, Zerrissenheit und Mannigfaltigkeit ausgezeichnet. Plateaus fehlen, und Seen sind selten. Im Inneren des Gebirges dagegen treten beide in großer Ausdehnung auf. Der Unterschied zeigt sich noch drastischer im Pamir, wo im Westen die breiten Thäler im Ansteigen schnell in enge übergehen oder sich an wirkliche Gebirgsthäler anschließen und sogar an undurchdringliche Schluchten, weil hier die massige Gebirgserhebung und die Verschlingung der Ausläufer ihre Entwickelung gehemmt haben. Es ist dies der gebirgige Pamir, dem im Osten der „Wiesenpamir“ mit weiten, seenreichen Muldenthälern gegenübersteht, in denen die Flüsse liebliche Windungen bilden. Die Flüsse stürzen dort durch Schluchten. Straßen sind schwierig herzustellen, manche Thäler sind nicht einmal für Fußgänger passierbar, selbst die bewohnten Thäler haben oft die Gestalt wenig zugänglicher Schluchten, so die des Murghab auf der Grenze von Roschan, des Wachan, des Muk. Die Wiesen des östlichen Pamir werden in diesen Thälern durch Wälder ersetzt. Die Thalmuldenformen des Wiesenpamir finden wir in den alten, schutterfüllten Thälern des Küenlüngebirges und des westlichen Nanschan wieder, wo schon Prschewalsky den Gegensatz zum östlichen Nanschan betonte: jener umschließt trockene Mulden, dieser grüne, tiefe Thäler, jener zeigt überall die Hülle von Gesteinsschutt und Thon, dieser ist ein Felsengebirge.

Die Thaldichte, d. i. die Zahl der Thäler auf einem bestimmten Flächenraum, muß mit der Thaltiefe abnehmen, denn je tiefer ein Thal wird, desto breiter wird es auch im allgemeinen nach oben zu in allen Zonen werden müssen, die nicht regenarm sind. Daß die tiefen Hochgebirgsthäler mehr ungegliederte Massen übriglassen als die flachen Thäler unserer Mittelgebirge und Hügelländer, gehört zu den Ursachen der Großartigkeit alpiner Landschaften.

Die Lage der Thäler zu ihrem Lande wird in beschränkten Naturgebieten am besten erkannt. Sie strahlen im allgemeinen von den höchsten zu den tiefsten Stellen eines Landes aus. So sehen wir sie von Gipfeln regelmäßiger Kegelberge zum Fuße ziehen, von Inselbergen zum Meere. Ist aber das Land ein Block mit ebener Oberfläche, dann zerschneiden die Thäler nur dessen Abhänge, wie in Norwegen, und die Hochlandoberfläche bleibt ohne deutliche Thäler. Es gibt aber viele Thäler, die nicht einfach dem Fall des Landes folgen, sondern vielmehr Höhen und Tiefen eines Landes gleicherweise durchschneiden. Solche haben wir unter den Durchbruchsthälern kennen gelernt. Ebenso gibt es Thäler, die dem nahen Meere nicht gerade zustreben, sondern mit ihm parallel laufen, und in Gebirgen begegnen wir Thälern, die nicht aus dem Gebirge heraustreten, sondern mit ihm ziehen. Je weiter in einem Lande die höchsten und die tiefsten Punkte voneinander entfernt sind, desto längere und formenreichere Thalsysteme werden sich entwickeln, je näher dagegen die Höhenunterschiede zwischen den beiden



DAS GRAND CAÑON DES YELLOWSTONEFLUSSES IN WYOMING, Nordamerika.

bei einander liegen, desto geradliniger und tiefer werden die Thäler einschneiden. In Ländern, deren Boden in junger Zeit wesentliche Veränderungen erfahren hat, werden wir neben den Thälern des heutigen Zustandes Thäler finden, die einem früheren entsprechen. Darauf beruht ein Teil der Unregelmäßigkeiten in der Richtung der Thäler und das Vorkommen von erloschenen oder unverhältnismäßig weiten Thälern. Thalrichtungen, die einander durchkreuzen, kommen besonders in Ländern vor, über welche diluviales Inlandeis hingegangen ist: Norddeutsches Tiefland. Auch in Hochländern mögen Hauptthäler einer alten Richtung des Gefälles folgen, während die Nebenflüsse einer neueren gehorchen, die durch Abtragung bewirkt ist.

Die radiale Verteilung der Thäler wiederholt sich viel häufiger, als es auf den ersten Blick scheinen mag, da ja in allen Formen der Bodenerhebung ein kleines oder großes Gebiet vor anderen durch Höhe hervorragt; von diesem werden die Thäler ausstrahlen, soweit sie Erosionsthäler sind. Das strahlige Auseinandergehen der Höhlungen liegt allen in der Natur vorkommenden Formen der Wassererosion zu Grunde. Es kommt selbstverständlich am reinsten zum Ausdruck in den kleineren Formen gleichmäßig sich abdachender Kegelberge, die nicht Raum genug bieten für große Wasseransammlungen flüssiger oder fester Art; wir haben es an Vulkankegeln (s. oben, S. 147) kennen gelernt. An den größeren Erhebungen setzt es sich durch allerhand Abweichungen durch und kehrt endlich selbst in großen Festlandabschnitten als eine zentrale Anordnung der Quellgebiete oder Thalanfänge wieder: Fichtelgebirge, Pamir.

Die Entwickelung der Ansichten über die Entstehung der Thäler.

In der Entwickelung der Ansichten über die Entstehung der Thäler spiegelt sich der ganze an Schwierigkeiten reiche Weg wider, von einer der Naturbeobachtung fast völlig entratenden Auffassung bis zu einer Theorie, welche die sorgfältigste und umfassendste „Beschreibung der Thatsachen“ ist. Wenn der verdiente Geolog Deluc „alle Thäler bis zu den kleinsten Verästelungen“ durch Umstürze der Oberflächenschichten der Erde erklärte, bestimmte ihn dazu besonders die Annahme, sie seien von einer Regellosigkeit, wie sie nur infolge von Berstungen und Umstürzungen vorkommen könne. Er übersah also vollkommen die Grundthatsache der Homologie aller Thalrinnen. Noch deutlicher zeigt sich die sorglose Oberflächlichkeit der Forschung, welche die einfachste Thatsache übersieht, geblendet von einer schlecht begründeten Hypothese, darin, daß erst Von Hoff die Ausgleichung des Gefälles bei der Thalbildung entdeckte, mehr noch in dem Übersehen der nur durch Wasserkräfte zu erklärenden Wasserscheiden bei der Theorie der Spaltenthäler. Erst Kühn hat auf die Seltenheit der Thäler hingewiesen, welche Gebirgsketten ganz durchsetzen. Umgekehrt wie bei einer gesunden Entwickelung folgte sogar bei Hutton und A. von Humboldt der Versuch der Klassifikation der Thäler erst dem Versuch der Erklärung. Man kann einen Fortschritt darin sehen, daß gegen Ende des vorigen Jahrhunderts eine Abwendung von den einseitigsten Erklärungen der Thalbildung stattfand, wenn auch die Plutonisten in den Thälern entweder die Wirkung der Kräfte des Erdinneren oder gewaltiger Fluten erblickten, wobei ihnen aber die Öffnung von Thälern durch Erdbeben ein besonders vertrauter Gedanke blieb. D'Aubuisson hat in diesem Sinne die „Urthäler“ unterschieden, die bei der Abkühlung der Erde entstanden, also ebenso alt wie die Erdrinde selbst sind. Dabei ist es ebenso bezeichnend, daß A. von Humboldt auf die Thalbildung in keiner seiner Schriften tiefer eingegangen ist, sie vielmehr überall nur gestreift hat.

Schon für Buffon waren die Thäler die Abflußrinnen des sich zurückziehenden Meeres gewesen, und Pallas hat die Ansicht, daß fließendes Wasser die meisten Thäler ausgehöhlt habe, zu allgemeiner Geltung gebracht. Dieses fließende Wasser bestand aber weniger aus Bächlein, wie in der Natur, sondern aus mächtigen Fluten, die sich für bibelgläubige Geologen, wie Buckland

und Schubert, schon wegen der Beziehung zur Sündflut empfahlen. Ohne Kenntnis der gewaltigen Erosionserscheinungen der Gebirge wurden die Fluten Pallas' für die Alpenthäler auch von Ebel, dem älteren Escher und später Elie de Beaumont in Anspruch genommen, weil für deren Tiefe die Alpengewässer nicht auszureichen schienen. Es war ein großer Fortschritt, als der gesunde Verstand J. L. Heims endlich die thalbildende Kraft der Meeresströmungen zurückwies, deren Fließkraft nach unten abnehme, also im Widerspruch zu der Natur der Thäler stehe. Das Verdienst dieses thüringischen Geologen um die Lehre von der Thalbildung sehen wir besonders in seiner hologäischen Erfassung der Aufgabe. An der Thalbildung ist ihm hauptsächlich wichtig, daß sie über die ganze trockene Erde reicht, soweit die Atmosphäre Land umhüllt, am Meer aber aufhört. Schade, daß auch den Aufschwung dieses starken Geistes der Zeitgeiz verhinderte. Daher seine Heranziehung einer ungeheuer regenreichen Vergangenheit, wodurch die Ausspülung tiefer Thäler in kurzen Zeiträumen verständlich werden mußte.

Nur ein ganz dünner Faden führte von den alten neptunistischen Ansichten unter der alles beherrschenden Geltung der „dynamischen" Theorien weiter bis auf Sonklar, der mit seiner allgemeinen Orographie als der letzte hervorragende Vertreter der Spaltentheorie anzusehen ist. Bezeichnend ist, wie unterdessen der größte Theoretiker der Thalbildungslehre des ausgehenden 18. Jahrhunderts, J. L. Heim, vollständig in Vergessenheit geraten war.

Leopold von Buch behandelt die Thalbildung in seinen Schriften über die Alpen, die skandinavische Halbinsel und Tenerife nirgends als eine Hauptfrage. Für seine Erhebungstheorie waren die Thäler nicht viel mehr als Nebenergebnisse der großen Erdbewegungen aus dem Erdinneren heraus.

Im Jahr 1823, im Jugendalter der Geologie, wanderten drei junge Geologen: H. von Dechen, C. von Oeynhausen und H. von La Roche im Rheinthal von Basel bis Mainz und zogen die Summe ihrer Erfahrungen über die Entstehung dieses Thales in den Worten: „Das Rheinthal von Basel bis Majnz ist so wenig durch eine Auswaschung oder Zerstörung des Gesteines entstanden, daß im Gegenteil später noch eine Wiederausfüllung stattgefunden hat", und „dasselbe verdankt seine Bildung derselben Ursache, welche die Vogesen und den Schwarzwald emporhob, und ist daher von gleichem Alter wie diese Gebirgszüge". Die erste Hälfte dieser Ansicht kann heute aufrecht erhalten und muß mit einigen Einschränkungen auf einen großen Teil der Flußläufe Deutschlands ausgedehnt werden.

Aus der Entgegensetzung der „Erhebungsthäler", wie die deutschen Plutonisten die in Parallelspalten einer Gebirgs*erhebung* liegenden Thäler nannten, — Buckland wendet denselben Ausdruck auf Thäler an, die durch Hebung und Berstung eines Schichtenkomplexes entstanden sind —, und der Ausspülungsthäler ging die Sonderung von Längs- und Querthälern hervor, die Konrad Escher zugleich mit der von De Saussure begonnenen Unterscheidung der synklinalen und antiklinalen Thäler fest begründet hat. Das Irreführende war hier nur die scharfe Entgegensetzung zweier Wege der Thalbildung, die in der Natur selbst so nicht getrennt sind; sie fiel eigentlich erst mit der Spaltentheorie. Wesentlich gestützt wurde diese Entgegensetzung durch die Vorliebe, womit sich die Studien über Gebirgsbildung an die regelmäßigst gebauten Gebirge anschlossen. Man kann sogar sagen, daß die ganze Entwickelung der Orographie sich nie mehr ganz von dem Einfluß der Thatsache freigemacht hat, daß sie zeitweilig so reichlich aus der Betrachtung eines so regelmäßig gebauten Gebirges von geringerer Höhe wie des Jura und besonders aus dessen Thälern ihre Vorstellungen geschöpft hat. Nur hier konnte der scheinbar einfache, in Wirklichkeit aber vielfach verwirrende Gegensatz von

Längs- und Querthal entstehen. Desor rühmte den Jura, in dem Tiefen wie Höhen durch den Gebirgsbau bestimmt seien, als eine ausgezeichnete Schule nicht bloß für die Geologie, sondern auch für die Orographie. Wer die Kette des Jura aus der Vogelperspektive von einem Luftballon aus betrachtete, würde als Hauptzug notieren: gleichlaufende Reihen von Kämmen (die verschiedenen Falten) durch entsprechende Vertiefungen (die Längsthäler oder Mulden) getrennt und hier und da querüber auf diesen Kämmen Einschnitte oder tiefe Schluchten als Querthäler, welche die Ketten senkrecht durchschneiden und die Längsthäler miteinander in Verbindung setzen: das einfache Schema der Längs- und Querthäler, Falten- und Ausspülungs-, oder dynamischer und Erosionsthäler. Diese in dem verwickeltsten Gebirgsbau wieder zu finden, wurde nun die Aufgabe der Orographie, deren Lösung die ruhige Beobachtung und die klare Induktion überall nur stören konnte.

Es war einer solchen ungeographischen Beschränkung gegenüber schon ein glücklicher Gedanke von J. D. Dana, die Thalbildung auf den übersehbaren, aber nach Gestein und Klima so mannigfaltig gebauten pacifischen Inseln zu studieren; denn die Inseln des Stillen Ozeans bieten auch für die Erkenntnis der Thalbildung so zahlreiche geschlossene, scharf ausgeprägte Beispiele, daß ihr Studium durch Dana („On Denudation in the Pacific“) die Wirkung von Experimenten ausgeübt hat: dieselbe Wirkung, die sie z. B. auch in der Biogeographie hatten. Danas Studien machen auch wegen der Beschränktheit der Objekte einen viel geschlosseneren, vollendeteren Eindruck. Rütimeyer hat darauf mit seinem Werkchen „Über Thal- und Seebildung“ (1869) wieder die große Erosionsarbeit der Hochgebirgsflüsse in die Diskussion eingeführt. Aus seiner Darstellung ging eine solche Macht dieser Arbeit hervor, daß die Spaltenthäler weit zurückgedrängt wurden, wozu die mit dem Studium der Gletscher zunehmende, aber auch schon bald in Übertreibungen umschlagende Würdigung der Gletschererosion wesentlich beitrug. Zwar wirkte vielfach noch immer die ältere Auffassung fort, die kaum irgend ein Thal von ihrer „dynamischen“ Auffassung ausschloß, daß die Unebenheiten der Erdrinde Folgeerscheinungen von Bewegungen, stoßweisen oder langsamen, unter und in der Erdrinde seien. Seitdem jedoch Rütimeyer den folgenreichen Anfang machte, „eine Anzahl von Thatsachen, die man bisher gewohnt war, vorwiegend unter das Urteil der Stratigraphie oder selbst der Paläontologie zu stellen, wiederum vom einfachen Gesichtspunkte der Mechanik aus zu beurteilen“, hat die Betrachtung der Thäler als Folgen der Wasserwirkung sich ein viel weiteres Gebiet erobert und zugleich an Tiefe gewonnen. Da nun zu gleicher Zeit die Einsicht in die Entwickelungsgeschichte der Gebirge gewachsen war, kamen trotzdem auch die im Gebirgsbau liegenden Anbahnungen und Richtungen der Thalbildung wieder zur Geltung.

3. Ebenen, Hügel und Berge.

Inhalt: Das Verhältnis der Höhen zu den Formen des Bodens. — Reine Ebenen. Ablagerungsebenen. — Das aufgesetzte Hügelland. Die Moränenlandschaft. — Abtragungsebenen. — Die Hochebene. — Stufenländer.

Das Verhältnis der Höhen zu den Formen des Bodens.

Flachland, Hügelland und Gebirgsland sind die allgemeinsten Ausdrücke für die Formen des Bodens. Als Erscheinungsformen einer und derselben Erdoberfläche liegen sie oft hart nebeneinander und kommen in den mannigfaltigsten Verbindungen vor, aber sie sind

die drei Typen, auf die man alle Bodenformen zurückführen muß. Unabhängig von der Gesteinsbeschaffenheit, denn jede Form kann in jedem Gestein vorkommen, sind sie wesentlich Erzeugnisse der Abtragung und Ablagerung. Sie entsprechen auch im Großen drei Höhenstufen; denn die meisten Flachländer liegen tief, die Hügelländer nehmen mittlere Höhen ein, und die Gebirgsländer sind naturgemäß hohe Länder. Da die Arbeit des fließenden Wassers an der Erde im Verhältnis zur Höhe des Bodens steht, sind auch seine Wirkungen andere im Tiefland als im Hochland. Hochländer sind in den Zonen, die fließendes Wasser haben, immer mehr gegliedert und zerklüftet als Tiefländer. Zum Tiefland gehören flache Thäler, und besonders in Tiefebenen sind tiefe Thäler wegen mangelnden Gefälles vollkommen unmöglich. Hochland dagegen wird von tiefen Thälern durchschnitten. Es genügen 20 m Tiefe, um einem Hochebenenthal einen gebirgshaften Charakter zu geben: die Isar fließt oberhalb München bei Großhesselohe in einem Thal von 30 m Tiefe, das in die scheinbar so einförmige Hochebene einen unerwarteten Reichtum von gebirgshaften Bodenformen legt. Arbeitet sich aber das Wasser noch tiefere Bahnen aus, so zerschneidet es ganze Hochländer in Tafeln, Blöcke, Prismen; durch deren fortschreitende Abtragung und Ausböschung können gebirgsähnliche Landschaften entstehen, in denen plumpe Klötze locker nebeneinanderstehen. So können wir denn auch in den Thälern Merkmale des Tieflandes und Hochlandes finden: das Tiefland hat flache, muldenartige Thäler, das Hochland tiefe und meist auch steilwandige Thäler, im Hügelland wiegt die Muldenform vor; doch können beide Thalformen in einem und demselben Thalsystem übereinanderliegen.

Das Hochland drückt in seinen Formen einen Zustand der Unruhe aus, in dem es sich befindet. Die Gipfel, Rinnen, Kahre, tiefen Thäler, Schuttmassen sind Merkmale eines raschen Lebens; es sind alles nur Übergangsformen, wie das Hochland selbst bestimmt ist, zu verschwinden, und zwar um so rascher, je höher es ist. Je ausgesprochener dagegen ein Tiefland als solches ist, um so länger ist es auch bestimmt, Ebene zu bleiben. Jede Winkelminute Gefälle mehr erhöht die Wahrscheinlichkeit seiner Zerschneidung durch fließendes Wasser. Gehen wir in der Entwickelung einer weiten schiefen Ebene, wie der Pampas, zurück, so begegnen uns die Flüsse, die heute tiefe Rinnen eingeschnitten haben, in höheren Niveaus, und in den tieferen Thälern ist so mancher See abgeflossen, der damals in den Wellenmulden stand, andere sind ausgefüllt; auch Küstenlagunen sind verlandet. Die Entwickelung einer solchen Ebene ist Einschneiden und Ausfüllen. Einschneiden und Ausfüllen geht aber auf Kosten der Stoffe, welche die Ebene aufbauen, und so sind die Pampas seit dem Abschluß der diluvialen Ablagerungen nach Ameghinos Schätzung durchschnittlich um 30 m erniedrigt worden. Dabei ist nicht zu vergessen, daß die Winde über weite Ebenen ohne Hindernis hinwehen und in erhöhtem Maße von ihnen Staub und Sand ab- und wegtragen.

Wenn wir also von den unterirdischen Kräften absehen, die den Ablauf eines Abtragungsprozesses durch Hebung beschleunigen, durch Senkung verlangsamen können, so liegt Tiefland am Anfang und am Ende der Entwickelung, in der alle Formen der Gebirgs- und Hügelländer zum Vorschein kommen.

Denken wir uns den Querschnitt eines Gebirges in der Weise umgrenzt, daß die umgrenzende Linie seine höchsten Punkte berührt und so bis zu seinem Fuße fortgeführt wird, so erhalten wir eine Fläche, die zum Teil Land, zum Teil Luft darstellt, nämlich das Land der Erhebung und die Luft der in die Erhebung eingesenkten Thäler. Vergleichen wir verschiedene Flächen dieser Art, so ist in den einen mehr Land als in den anderen; im Querschnitt eines

Tafellandes finden wir mehr Land als in dem eines Hochgebirges, und in dem Querschnitt eines alten abgetragenen Faltengebirges finden wir mehr Land als in dem eines jungen, thal- und gipfelreichen. Am wenigsten Land liegt im einförmigen Tiefland, mehr im Hügelland. Dem Eindruck einer größeren Masse Land will die Benennung Massengebirge Rechnung tragen, die aber zu unbestimmt ist, da sie bald auf Tafelländer, bald auf alte Gebirge und selbst auf Hochebenen angewendet wird. Es gehört zu den Aufgaben eines besonderen Zweiges der Geographie, der Orometrie, durch den zahlenmäßigen Vergleich der auf gleichgroßen Flächen über den Meeresspiegel sich erhebenden Massen unsere Vorstellungen von der Masse in den verschiedenen Formen der Erdoberfläche, nicht bloß in den Gebirgen, zu schärfen.

Reine Ebenen. Ablagerungsebenen.

Die geographische Ebene ist eine Fläche, deren Höhenunterschiede im überschaubaren Kreise so klein sind, daß sie fast verschwinden. Je ebener das Land in unserem Umkreise ist, desto weiter übersehen wir es; und je weiter wir blicken, desto mehr treten auch beträchtlichere Unebenheiten zurück. So kommt es, daß wir unbewußt die Vorstellung einer großen Ausdehnung mit der Ebene verbinden.

Die vollkommensten Ebenen bildet auf der Erde das Wasser. Mit der Ebenheit eines Wasserspiegels können sich aber nur ganz kleine Abschnitte festen Landes vergleichen, und solche reine Ebenen gibt es immer nur dort, wo festes Land langsam an die Stelle des Wassers getreten ist und die Form des Wassers gleichsam angenommen hat. Der Vergleich mit dem Meere, der so häufig für weite Ebenen angewendet wird, ist daher niemals vollkommen zutreffend. Brakenbusch sagt von den Pampas Argentiniens (s. die Abbildung, S. 622):

„Ihre Eintönigkeit ist mit der des Ozeans zu vergleichen, weite Strecken zeigen nicht die geringste Undulation des Terrains; nur von Zeit zu Zeit stößt man auf einen meist trockenen Wasserriß (barranca), der einer unbedeutenden Senkung entspricht; nehmen diese Niederungen eine größere Längenausdehnung an, so fallen sie unter die Bezeichnung ‚Cañada‘, benannt nach dem an feuchten Stellen wachsenden Schilfrohr (caña)." Hier liegt in der Anführung der Thäler, d. h. jener Wasserrisse, der Widerspruch gegen das Meer, denn in einer meerähnlichen Ebene wären keine Thäler denkbar. Die Thäler in den Pampas sind aber gerade charakteristisch für die Abdachung der schiefen Ebene der Pampas, die sich allerdings sehr langsam nach Südosten senkt.

Ausgefüllte Seen und Meeresbuchten, angeschwemmtes Land im verbreiterten und verlangsamten Unterlauf großer Flüsse, Küstensäume, Torfmoore, Korallenriffe sind die vollkommensten Landebenen. Solche Ebenen kommen daher fast immer in der Nähe des Wassers vor, und darin liegt auch der Grund, daß sie fast immer tief gelegen sind. In Vulkangebieten gibt es Kratergründe und flach aus Lavaspalten geflossene Steinströme (s. oben, S. 131 und 143) von großer Ebenheit. Auch füllen vulkanische Massen Unebenheiten aus. Durch vulkanische Massen sind weite Hohlräume ausgefüllt und ausgedehnte Ausfüllungshochebenen gebildet worden. Ein Hochland wie das armenische ist zu einem guten Teil Ausfüllung der Zwischenräume von Gebirgsfalten mit vulkanischen Gesteinen. Aber sehr große und einförmige Ebenen sind dadurch nicht erzeugt worden. Es liegt nicht in der Unruhe vulkanischer Gebiete und in der Verschiedenartigkeit ihrer Auswürfe und Niederschläge, weite reine Ebenen zu bilden.

Die Überlagerung mit Schutt, von Wasser, Eis oder Winden hergetragen und ausgebreitet, gehört dagegen zu den formbestimmenden Kräften, die besonders auf die Tiefländer wirken. Denn Tiefländer sind Ablagerungsgebiete; die Schwere trägt jene Massen nach unten und

lagert sie in der Tiefe ab. Diese Schuttdecken werden sich dabei dem Boden anschmiegen, dessen vorherige Formen also zuerst durch die Überlagerungen nicht wesentlich beeinflußt werden. Erst wenn der Schutt anwächst, verschwindet oft jede Spur von dem Bau des alten Bodens, den man dann nur noch mühsam durch Bohrungen erraten kann. Solcher Schutt kann bis weit über 100 m Mächtigkeit erreichen; die Ebenen Kaliforniens zwischen Sierra Nevada und Küstengebirge sind sogar über 300 m tief mit Schwemmgebilden aufgefüllt. Wer würde unter der



Die argentinischen Pampas. Nach dem „Globus". Vgl. Text, S. 621.

flachwelligen, auf den ersten Blick oft vollkommen ebenen Heidesandlandschaft Norddeutschlands einen formenreichen Kalkboden mit Höhenrücken und Thälern vermuten? Hier liegt der Moränenschutt der Eiszeit mehr als 100 m hoch. Vielleicht werden es vervielfältigte Bohrungen eines Tages gestatten, eine orographische und geologische Karte des norddeutschen Tieflandes zu zeichnen, die dann ein von der heutigen Oberfläche weit abweichendes Gelände aufweisen wird. Wenn die Ablagerung fester Stoffe Unebenheiten auszugleichen hat, dann ist die Ebenheit um so größer, je tiefer und je älter die Ablagerung ist. Flußablagerungen von 100 m und darüber, wie sie im Nildelta, im Rheindelta, im Mississippi- und Amazonastiefland vorkommen, zum Teil in die Tertiärzeit zurückreichend, haben längst alle ursprünglichen Unebenheiten

ausgeglichen. Nur der unmerkliche Fall der Aufschüttungsebene zeugt von den Wirkungen des fließenden Wassers, die aber durch zahlreiche See- und Sumpfablagerungen und äolische Sand- und Lößbildungen unterbrochen wurden. Die Pampas am La Plata, fast 700,000 qkm bedeckend, sind eines der größten Beispiele solcher „gemischten" Aufschüttungsebenen. Ragen aber noch Reste alter Erhebungen über die Ebene hervor, dann erinnert ihr halbinsel- oder inselartiges Auftauchen an den Ursprung der weiten Fläche aus einem Wasserspiegel.

Die Entstehung im Meere oder wenigstens auf dem Niveau des Meeres ist für sehr viele Flachländer nachzuweisen. Durch Ausfüllung von Meeresbuchten entstanden und wachsen noch jetzt weiter die großen Flachländer des unteren Amazonas, Orinoko, La Plata, Mississippi. Das untere Elbland von der Havelmündung an ist ausgefüllte Nordsee. Zwischen den nordwärts sich verzweigenden Ästen der Kordilleren von Kolumbien liegt eine Reihe von kleinen Ebenen am Magdalena, Atrato und Sinú: ausgefüllte Meeresbuchten, die einst dem See von Maracaybo geglichen haben mögen, der noch heute in der Ausfüllung fortschreitet. Celebes zeigt eine Küstenebene an der Makassarstraße von 12—15 km Breite, die scharf zwischen dem Meer und der Steilwand eines gehobenen Riffes abschneidet. Derartige Ebenen sind Randebenen im Verhältnis zu ihrem Festland; sie gewinnen durch die Randlage eine hervorragende Bedeutung für das Leben der Menschen.

Eines der lehrreichsten Gebilde dieser Art ist das Becken, in dem Paris in einer Höhe 20 m über dem Meere liegt. In der ganzen Tertiärzeit war das Gebiet dieses Beckens bald Meer, bald Land, bald Süßwasser. Der atlantische Golf, der hier ins Land hinein vorsprang, erweiterte sich bald, und bald verengerte er sich. Die äußerste Grenze bezeichnet ein Bogen tertiärer Gesteine von Dijon bis Metz; es gibt aber auch noch andere, engere, weiter innen gelegene Grenzen des alten Tertiärmeeres, die wie Strandlinien oder Anwachsstreifen an den Rändern des Beckens hinziehen. Die Granitinsel des Plateau du Morvan ist der einzige fremde Bestandteil, eine wahre, stehengebliebene Insel.

So wie ein Streifen Flachland jeden kleinsten Gebirgssee umrandet oder an der Ein- und Ausmündung der Zu- und Abflüsse begleitet (das Wallis unterhalb S. Maurice, das Berner Seeland zwischen Neuenburger und Bieler See, das Rheinmündungsland am Bodensee), so wie auffallend regelmäßige Hochflächen in unseren Mittelgebirgen auf alte Seen zurückführen, wie der Fichtelsee im Fichtelgebirge, so begleiten aufgeschüttete Flachländer fast jeden größeren See: auf diese Weise bilden die Anschwemmungen des Goktschaisees eine der wenigen Kulturlandschaften im bergigen Hocharmenien. Auf den Kalkhochländern der Balkanhalbinsel ist die Geschichte der Flachlandoasen, die immer auch Kulturzentren und bedeutsame geschichtliche Gebiete sind, erst Einbruch, dann Seebildung, dann Auffüllung zu Flachland. So dürften selbst die nur durch geringe Höhen getrennten, historischen Becken des Amselfeldes und von Metoia entstanden sein. So war auch das größte Flachland von Griechenland, das thessalische, ein Seebecken, dessen Gewässer durch dieselbe Enge abströmten, in der heute der Peneios fließt. Noch sind Reste des alten Sees in kleineren Seen vorhanden, deren Fischreichtum schon im Altertum berühmt war, die aber jetzt im Sommer sich großenteils in Sümpfe verwandeln.

Die Aufschüttungsebenen sind ihrem Ursprung gemäß immer schiefe Ebenen; das gilt selbst von den Delta-Ebenen, am wenigsten natürlich von den See-Ebenen. Eine Ebene wie das Himalaya-Vorland, das bis hinter das Tertiär zurück aus Gesteinen besteht, die von südlich abfließenden Gewässern aus dem Himalaya herausgetragen wurden, wobei zwischen dem Meerbusen von Bengalen und Delhi bereits über 200 m Höhenunterschiede liegen und selbst in Kalkutta die Schuttlagen bei 140 m noch nicht durchteuft sind, kann nicht rein durch Ausfüllung eines

Meeresarmes entstanden sein. 116 m unter der Oberfläche Bengalens liegt Torf. Ähnlich gebaute schiefe Ebenen liegen vor vielen Gebirgen. Oft schreitet man, über sie aufwärts wandernd, von Schlammschichten über Sand und Schotter, wie es der nach unten abnehmenden Größe der Flußgerölle entspricht. In den nordischen Gebieten großer Hebungen und Senkungen haben Hebungen an der Bildung schiefer Ebenen mitgewirkt. In Britisch-Nordamerika sehen wir langsam von den 200 m hohen Ablagerungen des diluvialen Eismeeres eine steinige Ebene zum heutigen Meeresspiegel sinken, überall mit den Spuren des Meeres, das sich darüber zurückzog; ähnlich dacht sich Westsibirien zum Eismeer stufenweise von der schwarzen Erde durch die Gletscher- zu den Meeresablagerungen ab. Auch die tieferen Teile der Pampas von Südostamerika sind 40—80 m über den Meeresspiegel gehoben; sie gehen unmerklich in das wellige Hügelland der höheren Pampas über, das westlich vom Rio Salado bis 1000 m aufsteigt; jene sind fruchtbares, regenreiches Land, diese Steppe.[1]

In Wüsten ist der Mangel des Wassers weiten Ebenen günstig. Es fehlen die Thaleinschnitte, und es trägt der Wind den Sand und den Staub ausgleichend über große Strecken hin, wobei er zugleich Geröllflächen ausbläst. Wenn nun schon der geologische Bau, wie bei der Sahara, sehr einfach ist, wenn bedeutendere Schichtenstörungen, Faltungen, Aufrichtungen und Verwerfungen fehlen und die meisten Sedimentärgesteine horizontal liegen, dann kommen echte Wüstenflächen trotz der Dünenhügel zu stande.

Jener 400 km breite Wüstenstrich zwischen der nördlichsten Kufra-Oase und dem südlichsten Brunnen von Dschalo, „eine fast mathematische Ebene, die auf der Erde ihresgleichen sucht", gehört hierher. Auf diesen Ebenen entzieht nur die Erdkrümmung ferne Gegenstände dem Blick. Rohlfs sagt einmal, man müßte Steine abbilden, wollte man die Karte an dieser Stelle mit Terrain ausfüllen.

Aber die Wüstenflachländer werden sich von den wasseraufgeschütteten Flachländern immer durch ihre flachen Wannenformen unterscheiden, da das Wasser fehlt, das ihnen ein einheitliches Gefälle verleihen könnte. Wir haben gesehen, wie in ihnen das vom Wind vertragene Material gesichtet und zonenweise abgelagert wird (s. S. 486 u. f.). Auch Lößebenen sind in dieser Weise entstanden. Das pußtenberühmte Alföld Ungarns ist ein Hunderte von Metern tief mit tertiären Thonen ausgefülltes Becken, an dessen Oberfläche Wind und Wasser Löß, Flugsand und Moore aufgeschüttet und abgelagert haben. Übrigens werden uns die Hochebenen auf diese Art der Aufschüttungsflachländer zurückführen.

Indem die Aufschüttung von allen Seiten her in ein tieferes Land fortschreitet, schließt sie es zu einer Wanne[2] ab, auf deren Grund eine Ebene zur Entwickelung kommen mag. In verschiedener Weise können die gegebenen Bodenformen solchen Bildungen entgegenkommen: Einbrüche, Falten des Bodens, die in verschiedenen Winkeln aufeinander treffen; auch Hebungen von Meeresbecken können Wannen erzeugen: das Tote Meer liegt in einer Einbruchswanne, Bodenfalten schließen in Zentralasien Wannen ein, und die Wanne, worin der Kaspische See liegt, ist ein alter Meeresboden. Am stärksten wirkt aber auf die Bildung solcher Wannen ein trockenes Klima ein, das nicht die zur Offenhaltung der Verbindung mit dem Meere nötige Wasserkraft liefert. Wir finden sie daher im Wüsten- und Steppengürtel der Alten und Neuen

[1] Das dem Quechua entstammende „Pampa" bezeichnet baumlose Grasebenen.

[2] Wir wählen mit Penck den Ausdruck „Wanne" für Hohlformen, die ringsum von ansteigenden Böschungen umgeben sind und eine besondere Bodenfläche haben. Man könnte meinen, das übliche „Becken" könne genügen; aber man erinnere sich an den eingebürgerten Namen Pariser Becken, worunter eine nach einer Seite geneigte und offene Hohlform verstanden wird.

Welt weit verbreitet und mit ihnen die aus der Abschließung notwendig folgenden Salzseen oder Salzsümpfe. Vereinzelte tiefste Wannenbildungen sind die Depressionswannen (s. S. 570).

Das aufgesetzte Hügelland. Die Moränenlandschaft.

Die Auflagerung von Schutt geschieht durch Wind und Gletscher in zerstreuter, unregelmäßiger Form. Wie der Wind seine Dünenhügel bildet, haben wir S. 492 gesehen. Etwas Ähnlichkeit mit diesem Prozeß hat auch die Hügelbildung durch Gletschereis, der wir noch viel größere Hügelländer verdanken: auch die Gletscherbildungen wandern: bald stoßen sie vorwärts, bald gehen sie zurück; auch der Gletscher verschlingt seine eigenen Schutthügel, wenn er über sie wegschreitet. Nur kommt bei ihm immer noch ein weiteres Werkzeug zur Anwendung, das in der Dünenbildung keine Rolle spielt: das fließende Wasser. Denn der Gletscher ist nicht bloß ein Strom von Eis, sondern auch eine Sammlung von Wasserbächen, die über das Eis hinrinnen und aus und unter ihm hervorbrechen. Und ferner besteht der Unterschied, daß der Gletscher Schutt von jeder Größe transportiert, vom Staubkörnchen bis zu Felsen, deren Größe jede Bewegung durch flüssiges Wasser allein ausschlösse. Wenn nun, wie in der Eiszeit, über Räume von Millionen Quadratkilometern Eisströme sich ergossen, die an ihrem Ursprung mehr als 2000 m mächtig waren, mehrmals in der Mitte Deutschlands bis über den 51. Grad, und in Nordamerika bis zum 40.° nördl. Breite äquatorwärts vordringend, zurückschreitend und wiederkehrend, mit denen entsprechend große Massen von flüssigem Wasser in Stromsystemen und Binnenseen kamen und gingen, so mußte der Boden solcher und noch weiter polwärts gelegener Länder mit großen Schuttmassen überdeckt werden. Und diese Schuttmassen blieben nun entweder so liegen, wie sie gefallen waren, oder wurden durch neues Eis, vom Wasser und endlich selbst vom Wind umgeformt. So entstanden neue Hügelländer, wo ursprünglich Flachland oder abgeebnetes Faltenland sich ausgebreitet hatte. Auch am Fuß der Gebirge, aus denen Gletscher hervorquollen, entstanden solche Hügelländer, die aus den Alpen bis über den Oberrhein und den Bodensee nach Oberschwaben, bis vor die Thore von München, und südwärts bis über die Südufer der oberitalienischen Seen hinausziehen.

Überall entstanden neue Bodenformen, deren Lage und Gestalt teils der alten Felsengrundlage, teils seiner Schuttbedeckung angehören, die in Norddeutschland an manchen Stellen über 100 m mächtig sein dürfte. Bohrungen bei Persanzig, Bublitz und Zeblin haben 96 m nachgewiesen. An dieser Grundlage hatte das von Norden herandrängende Eis mit gewaltigem Druck zertrümmernd, erodierend und abtragend, an manchen Stellen selbst faltend gewirkt. Oberflächliche Schichtenstörungen, Überschiebungen und Verschleppungen kamen dann hinzu. Eine für einen großen Teil Norddeutschlands folgenreiche Thatsache: der große, die Fruchtbarkeit förderndе Kalkgehalt der norddeutschen Diluvialgebilde, ist ein Beweis, wie sehr die Kreide der Ostseeländer durch das Eis verarbeitet worden ist. Auf demselben Boden sind dann die allmählich gewachsenen Eisablagerungen durch die später an sie herantretenden oder über sie wegfließenden Eismassen in großem Maße gefaltet, verschoben, gepreßt und gestaucht worden. Und vor allem haben die Schmelzwässer hier weggeführt und dort angehäuft. Je nachdem nun die Ablagerungen unter dem Eis oder vor dem Eis gebildet worden sind, und je nach den Veränderungen, die sie später erfuhren, ist der Charakter der neugebildeten Hügellandschaft verschieden. Die echteste Eisschuttlandschaft finden wir dort, wo die Grundmoräne des Gletschers zu Tage liegt. Diese Grundmoränenlandschaft ist bei uns besonders auf und an dem baltischen Höhenrücken ausgebildet. Sie hat wie alle Moränenlandschaften starke Höhenunterschiede

auf geringen Entfernungen, zeigt daher zahlreiche Kuppen, Wellen und Hügel, zwischen denen eine große Menge von kleinen Seen, Sümpfen und Mooren, Söllen oder Pfuhlen eingebettet ist (s. die untenstehende Abbildung); viele von diesen Einsenkungen sind nach außen abgeschlossen.

Zwei Hügelformen dieser Landschaft verdienen besonders genannt zu werden.

Die „Åsar“ oder „Wallberge“ sind hintereinanderfolgende Schutt- und Blockhügel, die zugleich auch in der Breite ketten- oder staffelartig zusammenhängen. Manchmal sind strahlenförmige Anordnungen zu erkennen. Es sind Ablagerungen der Gletscherbäche, die mit dem Gletscher und den Gletscherabflüssen wandern. De Geer hat schwedische Åsar als Deltabildungen von Gletscherbächen unter dem Eisrand erklärt, wodurch in der That ihr Bau und ihre Verteilung am verständlichsten werden. „Esker“ und „Kames“ sind fluvio-glaziale Ablagerungen, jene in den Eisabflüssen, diese in Seen vor dem Eisrand



Ein Trockenthal im Kies zwischen Glazialhügeln bei Fürstenberg, Mecklenburg-Strelitz. Nach F. E. Geinitz.

entstanden. Während die echten Åsar und verwandten Bildungen aus Gletscherschutt bestehen, also in Mitteleuropa Gesteine nordischen Ursprungs enthalten, gibt es auch Pseudo-Åsar, die dadurch entstanden, daß Bäche aus eisfreien Gebieten gegen den Eisrand flossen und dort ihren Schutt niederlegten, den dann die aus dem Eise kommenden Bäche in Formen zerteilten, welche an die Åsar erinnern.

Mit den Åsar haben die Drumlins eine gewisse Ähnlichkeit: es sind längliche, langsam sich abdachende Hügel aus Grundmoränenmaterial, das sich in der Richtung der Eisbewegung erstreckt, daher langgestreckte Rücken oder wellenförmige Hügel bildet, die in Parallelzügen nebeneinander auftauchen und radial auf die Endmoränen gerichtet sind. Daraus entsteht nicht selten auch hier eine fächerförmige Anordnung. Dadurch, daß die Wälle und Hügelreihen der Drumlins über weite Strecken parallel hinziehen und durch moorige, sumpfige Vertiefungen getrennt sind, geben sie einer Landschaft einen „streifigen“ Charakter, der in seiner Weise einzig ist. Oft krönen mächtige erratische Blöcke ihre Rücken. Nicht selten nehmen geschichtete Massen von Lehm und Sand an ihrem Aufbau teil. Höhen von 60 m sind in Neuengland nachgewiesen. Wo Endmoränen deutlich ausgebildet sind, ist der Gegensatz ihrer Richtung zu der der Drumlins auffallend, denn diese folgt zumeist dem Gletscher. Die Entstehung der Drumlins weist auf Stellen unter dem Eise hin, wo in verhältnismäßig großer Ruhe Ablagerungen stattfinden konnten. Sand- und Geröllbänke können sich auf dem Bett auch der mächtig strömenden Flüsse aufbauen; so sind die Drumlins unter dem Eise entstanden.

Wenn nun auch vieles darauf hindeutet, daß die genannten Formen der Grundmoräne der letzten eiszeitlichen Vergletscherung angehören, so sind sie doch durch die Abschmelzungswässer des zurückweichenden Eises sehr großen Veränderungen unterworfen worden, wozu hauptsächlich Auslaugung der Mergel, die in Thon und Sand zerlegt wurden, und Schichtung der abgeschwemmten Stoffe in Schmelzwasserseen gehören. Dabei haben sich aber ihre Grundzüge über weite Gebiete unverändert erhalten. W. Ule sagt von den holsteinischen und ostpreußischen Hügelländern: „Oft sind es nur die Namen der Seen, Hügel und Ortschaften, die uns sagen, in welchem Teil der Landschwelle wir uns befinden; aus dem Landschaftsbild an sich vermöchten wir schwer ein Merkmal dafür zu entnehmen.“ Dieselbe Einheit herrscht durch die diluvialen Eisschutthügel Nordamerikas und kehrt in allen Gebieten der Erde wieder, wo die einst ausgedehntere Vergletscherung große Schuttmassen hinterlassen hat.

Das ist die Landschaft, die man meint, wenn man kurzweg von Moränenlandschaft spricht. Sie war in ihrer Eigenartigkeit schon lange erkannt, ehe man sich von ihrer Entstehungsweise Rechenschaft geben konnte. Schon Anfang des 19. Jahrhunderts verglich Buch die Landschaften Schwedens und Norddeutschlands: „Der Anblick von Salvasvaddo nach Schweden hinein, über Moräste mit dunkeln Zwergbirken und über Ebenen mit grünen Birken und endlich mit Fichten bedeckt, schien mir nicht unangenehm und wohl mancher Ansicht der brandenburgischen Ebenen vergleichbar, wie ungefähr den Hügeln bei Mittelwalde und Zossen. Glänzende Seen zwischen den Büschen und kleine Berge in der Ferne brechen das Einförmige der Fläche, und der Palajock, der sie in ihrer ganzen Länge durchströmt, leitet den Blick durch das sonst gehaltlose Detail von Morästen und Bäumen.“ Als man das voralpine Moränenhügelland Oberbayerns eben in seiner wahren Natur zu erkennen begann, half dem Verständnis seines Gletscherursprunges der Vergleich mit dieser fast in allen Einzelheiten übereinstimmenden Moränenlandschaft von Schonen, die man schon früher richtig zu deuten gewußt hatte. Noch viel deutlicher als in unseren bewässerten, bewaldeten und kultivierten Ländern kommt das eigentümliche Moränenhügelland in Gebieten zum Ausdruck, wo nur die Steppe ihr dünnes Pflanzenkleid darüber ausgebreitet hat.

Von der Moränenlandschaft des Coteau du Missouri im Westen von Nordamerika sagt Penck: „Sie besteht aus einer Menge dicht gedrängter, haufenähnlicher Erhebungen, zwischen denen sich flache Wannen erstrecken. Man erkennt auf den ersten Blick, daß das Coteau du Missouri, das man zwischen Mortlach und Ernfold kreuzt, eine echte Moränenlandschaft ist. Aber wie anders nimmt sie sich hier aus, wo sie in trockenem Klima liegt, als bei uns im reichbenetzten Lande. Da ist kein Weiher, keine Lache, kein Moos zwischen den Hügeln, da ist kein Wald auf den letzteren, ja kein Baum, kein Strauch; kein Bächlein windet sich durch das Gelände; es ist ein einförmiges Auf und Ab, mit trostloser Steppe bedeckt.“

Wo fließendes Wasser in großen Massen sich an der Richtung und Neuablagerung des Eisschuttes beteiligt hat, ist eine andere Art von ausgeglichener Schutthügellandschaft entstanden. Das Wasser hat aus dem Geschiebemergel der Grundmoräne den Thon ausgewaschen und an tieferen Stellen abgesetzt, während es den Sand und das gröbere Geröll zurückließ. Derselbe Wind, der den Mergelstaub forttrug und als Löß absetzte, bildete den Sand zu kleinen Dünenhügeln um. So entstehen flachgewölbte oder ebene Aufschüttungen und Abspülungen, wie die Hochflächen von Teltow und Barnim bei Berlin, die Gegenden zwischen Posen und Gnesen, zwischen Königsberg und Eydtkunen, das Küstengebiet Vor- und Hinterpommerns: leichtwelliger Boden, den weit zu verfolgende schmale Rinnen zerschneiden; bald entwässern diese heute noch den Boden, bald liegen sie trocken oder sind mit schmalen Torfmooren erfüllt. Außerdem sind in diesen Boden die runden, bald mit Wasser, bald mit Torf

gefüllten Vertiefungen der Sölle oder Pfuhle, Bildungen des Schmelzwassers, eingesenkt. Anklänge an Schichtung der ausgespülten und eingelagerten Schwemmstoffe durchbrechen in dieser Landschaft häufig die Regellosigkeit der Lagerung des ursprünglichen Moränenschuttes. Die ganze Lüneburger Heide und ihre südöstliche Fortsetzung in der Altmark gehört hierher: öde, eintönige, wenig gegliederte, meilenweit mit Sand bedeckte Hochflächen. Gewaltig ist der Reichtum an großen und kleinen Geschieben in diesem Boden, aus dem sie oft fast pflasterartig dicht zu Tage treten.

Am wenigsten anziehend erscheint die norddeutsche Moränenlandschaft in den flachgewölbten sand- und geröllbedeckten Rücken, die sich in einer breiten Zone vor die tiefsten Stufen des Nordabhanges der schlesischen, lausitzischen und sächsischen Gebirge legen. Wenn die Mark Brandenburg im ganzen als ein reizloses Gebiet angesehen wird, so ist ihr von dem Diluvialrücken des Fläming eingenommener Südwestteil gradezu verschrieen. „Handwerksburschen und Bettler gehen selbst über den Fläming“, sagt ein Sprichwort in jenen Gegenden. Es ist wahr, daß diese mit maulwurfshügelartig unregelmäßig verteilten und zusammenhängenden Sand- und Kieshaufen bedeckten Rücken zunächst nur unansehnlich sind. Sie erheben sich kaum über ihre nächste Umgebung um mehr als 120 m. Treten wir aber näher heran, dann zieht es uns in tiefeingeschnittene Schluchten hinein, die „Rummeln“, welche die Wirkungen stürzender, wirbelnder Bäche in höchst eindrucksvoller Weise zeigen. Ihren Boden bedeckt Sand, dessen Formen die Anschwemmung verkünden, und von oben herabgeführtes Geröll. Im Eingang eines solchen Thales liegt der Sand fast eben, während die Seitenwände steil ansteigen. Wenige Teile von Deutschland zeigen so schroffe jahreszeitliche Unterschiede wie diese Sandlandschaft. Bei Sommerregen und in der Schneeschmelze sind diese Rummeln das Bett von Sturzbächen des im Sande versickerten und über der ersten undurchlässigen Schicht sich stauenden Wassers. In regenarmer Zeit dagegen liegen sie trocken, und da sucht man überhaupt in diesem Sandgebiete meilenweit vergebens nach einer Wasserader. Das Bild einer Rummel hat dieselben Züge im kleinen wie eine Fiumare des Apennin. Sand und Kies sind weit hingebreitet, wie die verlaufenden Fluten sie zurückgelassen haben. Jede Vegetation ist in ihrem Bereiche zerstört. Die Ablagerungen haben die bleiche Farbe des frisch durchgewaschenen Sandes. Es ist unmöglich, einen Weg in einen solchen Thalriß mit so beweglichem Boden zu legen. Wo die Landstraße oder Eisenbahn ihn überschreiten muß, benutzt man massive Brücken mit breiten Bogen, die außer Verhältnis zu den allgemeinen Größeverhältnissen der Landschaft, nicht aber zur zerstörenden Kraft des Wasserlaufes stehen.

Abtragungsebenen.

Eine zweite Art von Ebenen entsteht durch gleichmäßige Abtragung, die zuerst Erhöhungen erniedrigt und Vertiefungen ausfüllt und zuletzt bis unter die tiefsten Vertiefungen abtragend wirkt, wobei mit der Zeit die verschiedensten Gesteine bloßgelegt werden. Wenn eine nahezu gleichmäßig 200—300 m hohe Fläche verschiedenste Formationen schneidet, wie in einem großen Teil des europäischen Rußlands, kann sie nur durch Abtragung entstanden sein. Ihr Merkmal ist die geographische Gleichförmigkeit in Verbindung mit der geologischen Verschiedenartigkeit. Auch Finnland und Kanada gehören in diese Klasse. Aber gerade diese in hohen Breiten liegenden Länder sind doch wieder keine reinen Beispiele von Abtragungsebenen, weil über ihre nördlichen Teile alte Gletscher hingegangen sind, die reichlich Schutt ausgestreut haben; daher sind sie zum Teil Abtragungsebenen, zum Teil glaziale Aufschüttungsebenen. Eine echte Abtragungsebene ist das unter horizontalen Kreide- und Tertiärschichten liegende, gefaltete Kohlenlager von Donez im südlichen Rußland: ein unterirdisches Gebirge, dessen Faltungen nur noch flache Bodenwellen andeuten. Vielleicht finden wir aber die größten Beispiele von Abtragungshochebenen in Afrika, das ja im ganzen, mit Ausnahme einiger Gebiete im Norden, ein Abtragungshochland ist, wo aufgelagerte Schichten devonischen und karbonischen Alters, besonders Sandsteine, zugleich mit den steil aufgerichteten Schichten unter ihnen zu Wellenflächen ausgeebnet sind, die im Inneren tiefer liegen als an den Rändern. Dieses Verhältnis kommt

auch sonst bei Abtragungshochländern vor. Das ganz treffende Bild des umgekehrten Tellers wurde von Murchison zuerst auf Afrika angewendet; Hassert hat es auf Montenegro übertragen.

Abtragungsebenen können nie so vollständig flach werden wie Ablagerungsebenen. Die verschiedene Härte der Gesteine steht dem entgegen, und in vielen Fällen nicht minder die Ungleichartigkeit der ausebnenden Werkzeuge: der Luft, des flüssigen Wassers, des festen Wassers, des Pflanzenwuchses. Sie neigen zu welligen Formen. Solche Formen haben die welligen „rundbuckeligen" Glaziallländer, von denen wir schon S. 625 gesprochen haben; ihre



Plateauförmige Hügel in den schottischen Hochlanden. Nach der Natur. Vgl. Text, S. 630.

unverwechselbaren Wellenhügel, Buckel, Senken, die lang hingezogen alle einer Richtung folgen, zeigt in einer Miniaturlandschaft die Abbildung S. 630.

Je mehr wir uns in Gebieten alter Vergletscherung dem Ursprungsgebiet des Gletschers nähern, je dünner die Gletscherschuttdecke wird, desto reichlicher treten die geschrammten Felsen auf. Man kennt gegen zwanzig Stellen, wo der Untergrund im norddeutschen Tiefland geschrammt ist. Sie liegen aber zu weit auseinander, um eine gemeinsame Richtung erkennen zu lassen. Süden, Südosten und Südwesten walten vor. Aber viele Tausende abgeschliffener Rücken und Kuppen archäischer Gesteine entragen der dünnen Glazialdecke Schonens, so daß die geologische Karte dieser Landschaft aussieht, als ob mit dem Farbenpinsel kleine und große Kleckse darüber hingespritzt wären. Bei Karlskrona gehen diese Schrammen 6 m unter den Meeresspiegel hinab, ebenso bei Helsingfors.

Auch die Abrasionsebenen des östlichen China, die durch die Wirkung der Brandung auf sinkendes Land entstanden sind, und die vom Meere abgetragene und zum Teil wieder mit Meeresabsätzen bedeckte Platte der Ostmongolei haben die genannten welligen Formen; nicht

minder auch die Abtragungsebenen, die ein seitlich abnagender Fluß aus seinen Thalhängen herausgeschnitten hat, und wohl auch manche Wüstenebenen, die Wind und Sand ausgeebnet haben. Außer den Wellenformen ihres Bodens ist auch allen diesen Ebenen die häufige Bedeckung mit zerkleinerten Resten der abgetragenen Gesteine oder mit Schutt von anderer Entstehung gemein. Über Meeres-Abrasionsebenen sind Meeresablagerungen und Flußgerölle, über Wüstenebenen die widerstandsfähigsten Reste der zerstörten und weggetragenen Gesteine ausgebreitet (vgl. S. 486 und folgende).



Diluviale Rundhöcker und Gletscherschliffe bei Demitz an der Dresden-Bautzener Eisenbahn. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 629.

Da Abtragungsebenen an Küsten immer Ablagerungen der Brandungswelle umschließen, deren mariner Ursprung oft nicht unmittelbar zu beweisen ist, entstehen Zweifel über die Entstehung mancher Ebenen dieser Art. Nach der Auffassung E. von Cholnokys ist der die chinesische Abtragungsebene bedeckende Laterit ein gemeinsames Erzeugnis der Brandungswelle und des in das Meer hinausgewehten Lößstaubes, also sozusagen eine Uferfacies des Löß oder ein Brandungsprodukt aus binnenländischem Material.

Wie weit die Fähigkeit der Flüsse geht, Abtragungsebenen zu erzeugen, ist noch nicht klar. In Gebirgen und Hochebenen schneiden sie Thäler ein und lassen dazwischen Berge und Hochplatten stehen (s. die Abbildung, S. 629). Sie arbeiten hier so entschieden in die Tiefe, daß das Gegenteil von einer Ebene entsteht. Doch mag es wohl vorkommen, daß Flüsse weichere Schichten aus den härteren Thalbecken herausarbeiten und forttragen; dadurch mögen breitere Thäler entstehen. Anders wirken Flüsse von geringem Gefälle; diese wandern in mannigfaltigen Bogenlinien seitwärts und schaffen Ebenen durch Aufschüttung und Verfrachtung. Wo mehrere Flüsse nebeneinander münden, mögen sie auf diese Art breite Ebenen bilden.

Auf diese Weise wird ein ebenes, ungefaltetes Land von schwacher Neigung, das seine Formung hauptsächlich dem Wasser und der Luft verdankt, Hügel in hartem, Thäler und Ebenen in weichem Gestein entwickeln: zerstreute kleine Formen, die aber in ihrer Art scharf individualisiert sein können. Ein großer Teil des Inneren von Nordamerika, besonders im mittleren und unteren Missourigebiet, scheint so unter Beihilfe großer und kleiner Flüsse entstanden zu sein. Natürlich darf bei dieser Wirkung der Flußabtragung nicht vergessen werden, wie durch Bodenschwankungen das Gefälle und selbst die Wasserscheiden im Laufe langer Zeiten verändert werden müssen.

Abtragungsebenen sind an den Küsten weit verbreitet. Untergetaucht erstrecken sie sich als Kontinentalstufen 10—12 km weit ins Meer hinaus. Gehoben bilden sie wellenförmige Ebenen, die sacht ansteigen, wie der Saum, der in 500—700 m Breite vor dem Küstengebirge von Kalifornien liegt oder bis zu 60 m langsam vor der Westküste von Nowaja Semlja sich hebt. In Norwegen ist die „Küstenebene" zum Teil in Inseln aufgelöst; als Festland stellt sie niedere, oft fast ebene Landstriche dar, wo einige widerstandsfähige Massen 100 m hohe Hügel bilden: der wichtigste Siedelungsboden im Küstenstrich (vgl. oben, S. 385).

Die Hochebene.

Verharrt eine Bodenerhebung auf weite Strecken hin in einer beträchtlichen und nicht sehr ungleichen Höhe, so nennt man sie Hochebene. Die Hochebenen sind sowohl nach Höhe, als nach Ausdehnung und Oberflächengestalt ungemein verschieden geartet. Zwischen den gewaltigen Gebirgsmassen des Himalaya und Küenlün erstrecken sich auf der größten Massenerhebung die entsprechend großartigen tibetanischen Hochebenen, die an vielen Stellen nicht viel niedriger sind als der höchste Gipfel der Alpen. Bilden sie auch keineswegs das flache Tafelland, als das man sie früher darzustellen liebte, so nehmen sie doch weite Räume zwischen den Parallelketten des Küenlün ein; in deren Thälern haben Wasser, Eis und Wind große Schuttmassen aufgesammelt, welche nur die höchsten Teile der Gebirge noch über die Salzsteppen und ihre salzigen Tümpel und Seen hervorragen lassen. Besonders ist das nordwestliche Tibet ein flachwelliges Steppenland, in dessen Tiefe im Schutt begrabene Gebirge ruhen. Da nun der Sockel des ganzen Hochlandes nach Süden hin ansteigt, so treten die Gebirge im Norden Tibets mächtiger hervor als im Süden. Hier im Süden aber sind die Hochebenen mindestens 4000 m hoch und erreichen zum Teil 4600 m. Das ganze tibetanische Hochebenenland bedeckt eine Fläche von 2 Mill. qkm. Jede Gattung von Hochebenen ist auf ihm vertreten. Im nördlichen, fast unbewohnten Teile liegen große abgeschlossene Seebecken, im mittleren herrschen weite Grassteppen vor, auf denen Hirten nomadisieren, und im südlichen begegnen wir an tiefeingeschnittenen Flüssen, die mächtige Tafelländer umfließen, einer ansässigen Bevölkerung. Wenn also auch die „ungeheure hohe Tatarei" der Geographen des vorigen Jahrhunderts ein Fabelwesen ist, so bleibt doch ein mächtiges und mannigfaltiges Hochlandgebilde übrig. Von diesen höchsten Hochebenen an finden wir nun alle Abstufungen bis herab zu den Hochebenen von 700 m im Inneren der Iberischen Halbinsel, zu der schwäbisch-bayrischen Hochebene, die zwischen 600 und 400 m hoch ist, zum europäischen Rußland, das zum größten Teil aus einer 200—300 m hohen Hochfläche gebildet ist.

In der Entstehung der Hochebenen liegt es, daß sie nicht in so weiter Ausdehnung vollkommen flach sein können wie viele Tiefebenen. Es fehlt die unmittelbare Mitwirkung der ablagernden und ausgleichenden Fluten der Flüsse und des Meeres. Sie sind daher auf weite Erstreckungen wellig oder sogar hügelig. Den Namen von Ebenen verdienen sie nur aus weiter Entfernung oder aus der Vogelperspektive betrachtet. In ihre Mitte hineinversetzt, entbehrt

man dagegen sehr oft gerade des beherrschenden Umblickes, der die Fläche auszeichnet; von Bodenwellen rings umschlossen, fühlt man sich in einem Hügelland von flachen, aber den Horizont auf allen Seiten einengenden Erhebungen. Eine Hochebene ist nie in dem Sinne kontinuierlich wie eine Tiefebene. Wenn man an Zentralasien denkt, möchte man oft lieber von den Hochgebirgen als von den Hochebenen der Mongolei, Tibets u. s. w. sprechen, denn in den Schilderungen der Reisenden zerfallen die Hochebenen Tibets in sehr breite Thäler, die von absolut sehr hohen, relativ aber nicht mehr sehr bedeutenden, weil verschütteten Gebirgen eingefaßt werden. Man könnte daher z. B. auch sagen: das nördliche Tibet besteht aus einer Reihe hochgelegener, schutterfüllter, flacher Wannen.

Die Ursachen der Unebenheiten des Hochebenenbodens liegen zum Teil schon in der Gebirgsbildung, die einst die Gesteinsmassen zusammenfaltete, welche dann abgetragen und auf das Hochebenenniveau abgeglichen wurden, oder deren jüngere Falten, Ausläufer eines der Hochebene aufgesetzten Gebirges, den Hochebenenboden wie Abschnitte von Wellenringen durchziehen. Andere Unebenheiten liegen in den Schuttablagerungen, welche durch die im Höhenklima begünstigte Erosion verstärkt und bei der Nähe von Gebirgen, wie z. B. auf den südlichen Teilen der schwäbisch-bayrischen Hochebene, durch die Eisströme der Gletscher zu wirren Moränenhügelzügen geformt werden; wir haben sie als „aufgesetzte" Hügelländer kennen gelernt (vgl. oben, S. 625 u. f.). Die stärksten Höhen- und Formunterschiede der Hochländer bewirkt aber das fließende Wasser. Daher die große Verschiedenheit der von Flüssen durchzogenen Hochebenen, z. B. in Zentral- und Ostafrika und in den Randgebieten Zentralasiens, von den trockenliegenden. Indem nämlich die Flüsse tief einschneiden, legen sie in die Hochebenen steilwandige Thäler, die in der Regel nach dem Meere zu tiefer werden und ganze Küstenstriche auflösen, „zerfransen", wobei die Reste des Hochlandes als Tafelland oder in kleinerer Form als Mesas oder „Zeugen" (s. oben, S. 491) stehen bleiben. Von unten gesehen, erscheinen diese randlichen, aufgelösten Hochebenenpartien wie Gebirge und verführen oft zu der Voraussetzung, die Hochebene sei von Gebirgen umrandet.

In die langsam schräg zum Kongo sich neigende Hochebene des südlichen Äquatorialafrika haben sich die Flüsse tiefe Rinnen gegraben, die sich durch den dunkeln Baumwuchs von den gelben Savannen deutlich abheben, so daß „die Landschaft einem tief geäderten Marmor gleicht, so häufig sind die dunkeln Urwaldschluchten in der sonst nur mit Gras bewachsenen Landschaft". (Pogge.) Das Land am Tschitapa vergleicht derselbe Forscher wegen der dichten Folge der in den Laterit bis zum Sandstein einschneidenden Bäche einem Gelände, das von einem 60 m tief eindringenden Riesenpflug aufgerissen ist. Dies ist das Gebiet tiefer Erdsenken. Auf seinem Wege von Mukenge zur Mündung des Lulua in den Kassai begegnete Pogge in der Kampine großen Erdrutschen und Erdeinsenkungen, in denen zahlreiche, 3—6 m hohe, zackige Spitzen und Erdpfeiler stehen geblieben waren (vgl. oben, S. 554). Auch das gehört zur Natur der Hochebene, daß, wo das Wasser versinkt, Erdfälle, Höhlen und im Kalk Karstlandschaften (s. oben, S. 589) eintreten. Die Landschaft zwischen dem Kassai und Lulua im Gebiete des Mukenge schildert Pogge als eine wellige, koupierte Ebene, in die jedoch die fließenden Wässer so tief eingeschnitten haben, daß der genannte Reisende sagt: „Manche Gegend möchte ich als echter Flachländer bergig nennen, so tief liegen die Mulden mit ihren tief eingefurchten Bächen, welche die ebenen Plateaus voneinander scheiden." Diese Thäler sind wahre Schluchten, die um so deutlicher hervortreten, als sie tief und breit genug sind, um nicht bloß die Schweinfurthschen Galeriewälder, sondern eine dichte, die Senken voll ausfüllende Bewaldung zu tragen. Zwischen ihnen machen die Plateauhöhen den Eindruck, dem Wissmann in der Schilderung des Landes am rechten Ufer des Sankuru die Worte leiht: „Lange Dörfer auf den zwischen den Wasserläufen stehen gebliebenen Plateauresten, kenntlich von weitem als langgestreckte Palmenwälder, liegen wie schwarze Raupen auf den reinen Grasprärien."

Die Hochebenenbildung im ganzen und dann wieder die Herausbildung einzelner hochebenenhaften Formen sind oft von der Lagerungsweise der Gesteine abhängig. Deshalb

finden wir kleine Hochebenen auch selbst in ein so ausgesprochenes Gebirge wie die Alpen eingelagert. Dasselbe Gestein bildet zerklüftete Zinnen und Zacken, sägezahnartige Grate, wo seine Schichten senkrecht aufgerichtet sind, liegt dagegen als glatte Platte dort, wo seine Schichten noch horizontal übereinander folgen. Es gibt überhaupt kein Gebirge, das nicht eine Anzahl von hochgelegenen Flächen umschlösse; aber solange sie nicht vorherrschen, bleibt die Erhebung Gebirge. Aus ungestörten Schichten von gewaltiger Mächtigkeit baut sich das Colorado-Plateau als ein Tafelland im echten Sinne des Wortes mitten in den Falten der nordamerikanischen Kordilleren auf (vgl. oben, S. 231).

Durch ihr Material unterscheiden sich die Felsenhochebenen, deren harte Gesteinsgrundlagen in den Formen auch dann noch zur Geltung kommen, wenn sie oberflächlich ausgeebnet sind. Alle Arten Felsen bauen solche Hochebenen auf. Ganz Ostafrika ist von den Tieflandstreifen des unteren Sambesi bis Abessinien ein Hochland, dessen Felsgrundlage unter einer Lateritdecke liegt. In seiner ganzen Breite, die zwischen Kilimandscharo und Kongo 1200 km erreicht, geht dieses Hochland selten unter 1000 m herab und zeigt bald das granitische oder gneisige Grundgebirge, bald die aufgelagerten Sandsteinschollen in wenig geneigter Lagerung.

Die in den Beschreibungen von Wüstenreisen so oft genannten Hammada sind steinige Hochflächen, gleichsam Steinbänke oder Steinschwellen, die plötzlich aus dem Sand oder der Heide der Sahara auftauchen und durch ihre rauhe Felsennatur zu den unfruchtbarsten Teilen der Wüste gehören (vgl. auch oben, S. 487).

Als typische afrikanische Hochebene nennen wir noch das Khomas-Hochland im Damaraland: gewellte Hochflächen, die von Randhöhen umgeben sind; die Wellen steigen zu 1900—2000 m an, und die Thäler zwischen ihnen sind nicht über 150 m tief. Als Beispiel einer kleinen, karstartigen Felsenhochebene diene das aus Kreideschichten aufgebaute Plateau der Garrigues bei Nîmes: eine stark gefaltete, durch die Erosion auf eine einförmige Hochebene von 160—170 m abgetragene, von einigen Hügeln 50 m hoch überragte, öde, wasserarme Hochfläche.

Eine besondere Abart der Felsenhochebenen sind die vulkanischen Hochebenen, von deren gewaltiger Ausdehnung schon früher die Rede war. Die das alte Relief ihres Landes ganz verhüllenden Lava-Ebenen des Columbiabeckens in Nordamerika bedecken wohl 500,000 qkm, und in Südindien, wo alte Laven eine kaum geringere Fläche überflossen haben, sind 300 m tiefe Thäler von ihnen ausgefüllt worden. In derselben Breite wie das riesige Trapp-Plateau von Oregon und Idaho liegt auf der Westseite des Stillen Ozeans das Basaltplateau der Mandschurei im oberen Sungarigebiet, dessen Ausläufer die chinesische Ebene bis zum Yangtse hin umranden. Ein großer Teil der nordatlantischen Inseln stellt Bruchstücke dar, die aus einer solchen Basalthochebene herausgelöst sind. Wo in trockenem Klima vulkanische Kräfte an dem Aufbau des Bodens mitwirken, treten die Wasserformen weit zurück, und die Lavahochebenen werden zu vulkanischen Schutthochebenen.

Die vulkanischen Hochländer von Mexiko und Südamerika tragen alle, trotz ihrer Hunderte, ja Tausende von vulkanischen Hügeln und Hügelgruppen, trotz der ihre Umgebung gewaltig überragenden Nevados (Schneegipfel), den Charakter großer Gleichförmigkeit: „Große Thäler und Thalzüge, der eigentliche Segen der Länder, fehlen oder treten ganz zurück. Die mit vulkanischen Tuffen und ihren Zersetzungsprodukten bedeckte Ebene dehnt sich unabsehbar aus; Hügelgruppen und kolossale Feuerberge sind ihr aufgesetzt, sie selbst ist aber nicht durch große, tiefe Erosionssysteme umgestaltet. Teils die Regenarmut (etwa 500 mm Niederschläge jährlich in Mexiko), teils die physikalische Beschaffenheit des Bodens bedingen, daß keine zusammenhängende Pflanzendecke die Erde schützt und verhüllt. So sind in diesem Land der Agaven, nachdem die vulkanischen Äußerungen fast erloschen, der Staub und die Staubwinde einer der bedeutendsten geologischen Faktoren.“ (Vom Rath.)

Zu der Erhaltung von Felsenhochebenen trägt ihre Bedeckung mit härterem Gestein bei, das zwischen tiefen Thaleinschnitten einzelne Erhebungen von flacher Oberseite, Tafelberge oder Mesas[1], bestehen läßt.

In ausgedehnten Strecken der großen Ebenen des nordamerikanischen Westens wechsellagern Kalksteine und Schiefer der karbonischen Formation. Die Schiefer verwittern früher als der Kalk, der Kalk aber schützt sie, wo er über ihnen liegt. Wo Thäler einschneiden, entstehen unter dem Schutze der harten Kalkbank Tafelberge. Die tiefen Thäler des Kansas und seiner Nebenflüsse fallen treppenförmig dazwischen ab. Ganz ähnlich ist die patagonische Landschaft östlich der Kordilleren durch zahllose aneinandergereihte oder stufenweise übereinandergestellte Tafelberge, Mesetas, bezeichnet, die durch tiefe Einschnitte, Cañadones, getrennt sind. Manchmal sind Mesetas in Gruppen von Gestalten, die steilen Erdpyramiden ähnlich sind, von 120 m Höhe aufgelöst. Erst tief im Inneren, wo die Niederschläge reichlicher werden, ändert sich das Bild, indem rundere Formen erscheinen. Auch das „Plateau" von Britisch-Columbia zwischen der Küstenkette und dem Goldgebirge ist im Grunde ein durch breite Thäler zerschnittenes Tafelland. Den Eindruck des Plateaus macht es aber von den Höhen der Randgebirge aus gesehen.

In den Bodenformen der Polargebiete herrscht das Hochland weitaus vor, wie schon aus der weiten Verbreitung der steilen Küstenformen hervorgeht. Sonst häufige Formen der Flachländer, wie die Schwemmländer an Küsten und großen Flüssen, fallen nahezu ganz aus, da die Wirksamkeit des fließenden Wassers fehlt. (Vgl. auch das oben, S. 475, von der Schuttarmut der Polarländer Gesagte.) Hochebenen eigener Art sind die mit Inlandeis bedeckten Polarländer. Grönland verdient eine Übergußhochebene genannt zu werden, aus deren vielleicht 2000 m mächtiger Eisdecke die äußersten Gipfel der Gebirge nur noch als „Nunataker" wie dunkle Klippen hervorragen.

Die Bewässerung nimmt auf den Hochebenen einen extremen Charakter an, denn entweder stagniert sie bei dem Mangel an Gefälle, oder sie arbeitet sich allzu rasch in die Tiefe; deshalb sind Hochebenen entweder reich an Seen, die gewundene Flußläufe verbinden, oder werden von tiefen, steilwandigen Thälern durchschnitten, oder zeigen endlich die Bewässerung in die Tiefe, in Höhlen mit versinkenden und plötzlich in tieferem Niveau wieder hervorspringenden Quellen verlegt. Die größten und zahlreichsten Süßwasserseen der Erde liegen auf Hochebenen: die Kette der großen Seen in Nordamerika, die Nil- und Kongoquellseen in Afrika, ferner Baikal, Kukunor, Lobnor, die tibetanischen Seen in Asien, die Tausende von Seen der baltischen Seenplatte in Rußland und Nordostdeutschland und der Landrücken (Coteaux) des inneren Nordamerika, die malerischen Seen Oberbayerns sind Beispiele. Wo die Seen zurücktreten, neigen die Hochebenen zur Trockenheit. Wie viel Wasser auch in den tieferen Cañons des Coloradoplateaus fließen mag, die Oberfläche dieser Hochebene ist trocken, selbst wüstenhaft. Der Karst, die Kalkhochebenen Griechenlands sind Beispiele trockener Hochebenen, in deren Höhlen und Trichtergruben das Wasser versinkt. Dazu kommt die klimatische Dürre hochgelegener Gebiete, wesentlich beruhend auf der Abkühlung der vom Meere her aufsteigenden Luft, die ein großes Maß von Feuchtigkeit an den Rändern der Hochebene niederschlägt und dann trocken auf ihrer Höhe ankommt. Man sieht, die „zerfransten" Hochebenenränder haben ihren tieferen Grund.

Die kartographische Darstellung der Hochebenen gehört zu den schwierigsten Aufgaben der praktischen Geographie. Ohne Anwendung von Farbentönen sind die Höhenverhältnisse der Hochebenen nicht verständlich zu machen. Wenn die Darstellung der Höhenschichten in Farbenabstufungen

[1] „Mesa" nennt der Spanier die auf den Hochebenen Kastiliens häufigen tischartig flachen Berge, die, je nach ihren Böschungen, im Profil als Rechtecke oder Trapeze erscheinen. Von hier ist der Name nach den an solchen Formen besonders reichen Hochländern des westlichen Amerikas gewandert. „Meseta" ist eine kleine Mesa.

immer weiter um sich greift, ist der wichtigste Anlaß dazu in der Schwierigkeit zu suchen, ohne ihre Hilfe ein Gelände darzustellen, das die Formen des Tieflandes und Hügellandes auf einer höheren Stufe der Erhebung wiederholt und das nicht zugleich den Vorzug des Gebirges teilt, seine Formen gewissermaßen sprechend hervortreten zu lassen.

Stufenländer.

Eine erhöhte Ebene mit steilem Abfall gibt das Bild einer Stufe. Wir steigen vom Meere an einem steilen Uferhang empor und finden uns am Rand einer weiten Ebene. Schroffe Stufenbildungen kommen an Korallenküsten vor. Nicht bloß fällt der heutige Boden einer Koralleninsel oft mit 6—8 m hohen, unterwaschenen Steilwänden ins Meer, sondern es folgen auch Terrassen übereinander, deren Flächen gehobene alte Strandriffbildungen (s. oben, S. 341) sind, während ihre Steilhänge alten Küstenabfällen entsprechen. Jede von diesen Stufen entspricht einem früheren Meeresspiegel. Stufen in viel größerem Maße hinterläßt das Wasser, das aus einer Festlandmulde sich zurückzieht; die Tertiärbecken von Paris, Wien, London, Mainz sind Stufenlandschaften solchen Ursprunges. Noch viel häufiger geschieht es, daß wir aus einem Flußthal emporsteigen und nach einigen hundert Metern steilen Anstieges auf einer Hochebene stehen, über die sich Berg- oder Gebirgskämme wie eine zweite Stufe erheben. Stufenbildungen entstehen ferner mit Vorliebe in großen, wagerecht übereinanderlagernden Schichtenmassen. Einbrüche rufen hier Stufen hervor. Aber auch der langsame Zerfall ist dazu fähig, besonders wenn weichere Gesteine in den unteren Schichten langsamer abwittern und niederbrechend Stufen bloßlegen. Solcher Art sind die 200—370 m hohen, breiten und nahezu horizontalen Stufen, über die man aus dem Mississippithal westlich zum Steppengebiet emporsteigt. Solchen Ursprunges ist auch das größte Stufenland der Erde: Afrika südlich des Sudân kann man als eine Stufenfolge von Hochebenen bezeichnen, und die Sahara ist eine Kette von Wüstenwannen und Hochebenen.

Von den erhöhten Rändern des Hochlandes von Ostafrika steigt man wie über Terrassenstufen in das Kongobecken herab. Der Lukuga verläßt den Tanganyika in 780 m Höhe, und der obere Kongo stürzt dann am Äquator durch eine Reihe von Fällen auf 450 m hinab; die südlichen Zuflüsse verlassen die letzten Hochlandstufen in 5—6° südlicher Breite, der Ubangi überwindet bei 4° 20′ nördlicher Breite in 400 m Meereshöhe seine letzte Stromschnelle. Alle diese Punkte verbunden zeichnen den Rand eines Beckens, dessen tiefste Senke beim Stanley Pool in 280 m liegt, das aber von der Westküste durch eine Gebirgsschranke von ca. 1200 m Höhe getrennt ist, die der Strom in einer Reihe von Stromschnellen überwinden muß. Steigen wir zur Küste hinab, statt in das Kongobecken, so begeben wir uns ebenfalls von höheren Stufen auf niedrere. So wie über Verwerfungsstufen parallel zum Graben des Roten Meeres das abessinische Hochland stufenförmig ansteigt, so bezeichnet in Kamerun jede Stromschnelle eine Stufe im Küstenabfall. Es ist dabei das charakteristisch Afrikanische, daß verhältnismäßig hohe Stufen unmittelbar vom Küstenland sich erheben; so fließt der wichtigste unter den dortigen Küstenflüssen, der Sanaga, 300 km von der Küste noch in 400 m Höhe. Die Hauptstufen des westafrikanischen Landes zeigten sich schon beim frühesten Eindringen in Kamerun sehr deutlich: ganz unten der dunkle Urwaldstreifen bis an die Ngumbaberge, darüber die 700 m hohen Ebenen der Yaunde und Wute, meist Parklandschaft, dann die 1000 m hohe Jola-Tibati-Stufe, endlich die Stufe von Ngaundere, von der das offene Savannenland steil zum Benuë abfällt.

Keine Bodenform spricht sich überhaupt in der Bewässerung so deutlich aus wie das Stufenland. Jeder Katarakt des Nils, jede Stromschnelle des Kongo bezeichnet eine Stufe im Höhenbau Afrikas. So sind die Stromschnellen, die wie Treppen hintereinander, jede nur wenige Meter hoch, die Flüsse von Guayana durchsetzen, jede einzelne wieder eine Stufenreihe von Felsblöcken mit abgerundeten Köpfen, der deutlichste Ausdruck des Stufenbaues des Landes zwischen Amazonas und Oyapok.

4. Die Gebirge.

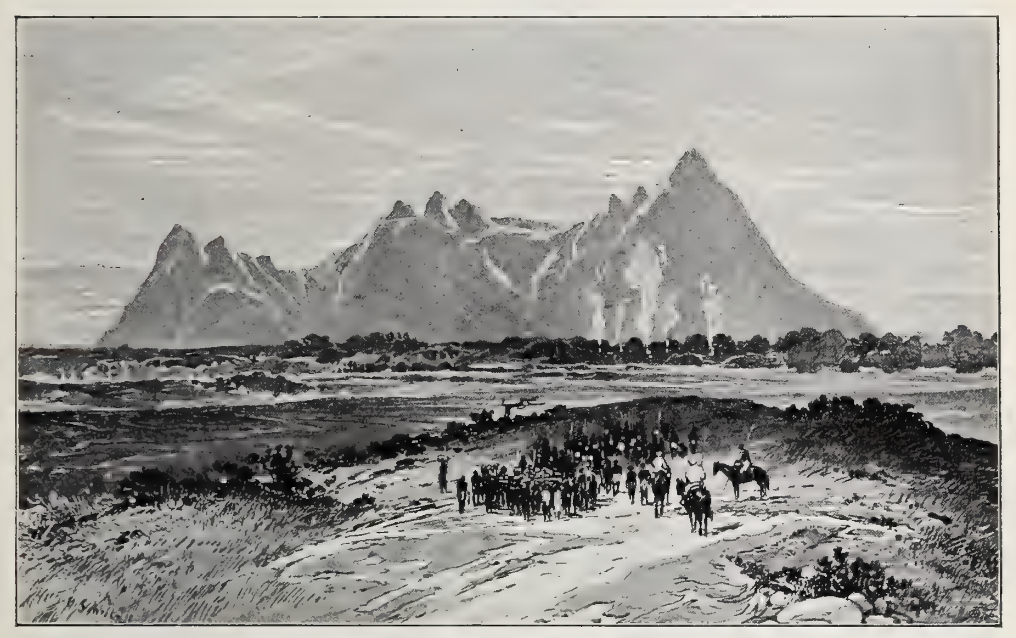
Inhalt: Der Gebirgswall. — Gebirgssockel und Gebirgsaufbau. — Der Gebirgskamm. — Pässe. — Die Gipfel des Gebirges. — Die Bergformen. — Hohlräume und Auflagerungen. — Kettengebirge und Massengebirge. — Die Hochebenen im Gebirge. — Das Mittel- und Massengebirge und das Hügelland. — Parallelrichtungen in Gebirgen. — Gebirgsknoten und Gebirgszusammenhänge.

Das Gebirge ist ein Aufbau auf breitem Fundament, nach obenhin in Kämme und Gipfel gegliedert, zu Höhen erhoben, deren Klima weit verschieden ist von dem des Landes oder Meeres am Fuße des Gebirges. Es kann seiner Natur nach kein einfacher Bau sein, sondern es ist der verwickeltste, den die Erde kennt. Kein Gebirge ist das Ergebnis einer, jedes ist vielmehr das Ergebnis einer großen Summe verschiedener Bewegungen, die den Teil der Erdoberfläche ergriffen haben, wo das Gebirge steht. So wie wir von der Erdoberfläche im ganzen sagen können, sie weise keinen einzigen Teil auf, der nicht früher einmal unter Wasser gelegen hätte, so kann man vom Gebirge sagen, es gebe in ihm keinen Teil, der nicht einmal in einem anderen Niveau gelegen hätte. Da nun alle diese Bewegungen ganz verschiedene Gesteine ergriffen und zum Teil sogar umgebildet haben, und da sie unter dem beständigen Einfluß von Luft, Wasser und zersetzender oder neubildender Lebensthätigkeit sich vollzogen haben, muß jedes Gebirge höchst mannigfaltig an Stoff, Form, Geschichte und Wirkungen sein. Es liegt darin die Unmöglichkeit, dem Gebirge einfach beschreibend gerecht zu werden; gerade in der Gebirgskunde müssen Karten, orographische und geologische, und Bilder noch mehr als bei anderen geographischen Erscheinungen mit zum Studium herangezogen werden.

Der Gebirgswall.

In unserer Erinnerung stehen die Gebirge als Wälle, die sich über einem Tiefland oder Meere vor den Horizont hin bauen. Auch in den Schilderungen der Gebirge kehrt das Bild des Walles oder der Mauer immer wieder. Zwar gilt das mauerhafte Ansteigen nur von solchen Gebirgen, die keine Vorberge haben, so wie die Tatra, wo sie sich unvermittelt aus der Hochfläche der Waag und des Poprád erhebt. Die Alpen dagegen wachsen als eine Welt von Hügeln, Bergen und Kämmen dem entgegen, der von ihrem Fuße zu ihnen hinauf-, aber auch in sie hineinwandert. Im Vergleich mit den Alpen würde viel eher der Kaukasus den Namen einer Gebirgsmauer verdienen; er ist schmäler, steiler und schuttärmer, daher hügelärmer. Aber jeder Fernblick auf ein Gebirge rechtfertigt die Bezeichnungen Gebirgswall und Gebirgsmauer, die ja auch in der mechanischen Wirkung der Gebirge als Wasserteiler und als Schranke der Luftbewegung, der Pflanzen- und Tierwanderungen wohl begründet sind. In der Asymmetrie der Faltengebirge (s. oben, S. 227) und in der Schollengebirgsbildung liegt die Ungleichheit der Gefälle auf den beiden Seiten eines Gebirges. Wir sehen selten Gebirge, die fast symmetrisch wie ein freistehender Wall sich erheben, dessen Querschnitt ein gleichschenkliges Dreieck von breiter Basis ist; dagegen gibt es viele Gebirge, die wie eine Randmauer an ein Massiv angelehnt, also von der denkbar größten Verschiedenheit der Abhänge auf beiden Seiten sind. Niemals wird es fehlen, daß sich solche Unterschiede in Einzelheiten des inneren Aufbaues der Gebirge kundgeben. So spricht sich der steilere Hang des südlichen Himalaya in der großen Tiefe der Thäler, in der geringeren Ausbreitung der Firndecke und in der heftigeren Erosionsthätigkeit aus, die auf dieser Seite keinen einzigen See unausgefüllt gelassen hat.

Es kommen in den Gebirgen alle Gehänge bis zum senkrechten vor, durch Unterspülung in steilen Thalrissen und Klammen selbst von mehr als 90°. Doch sind selbst in den höchsten Gebirgen die steilen Gehänge nicht gewöhnlich. In den Alpen trifft man einen Neigungswinkel der Thalwände, der stärker ist als 30°, nur an einzelnen Stellen; auf größeren Strecken bleibt er selbst in tiefen, steilwandigen Thälern unter diesem Betrag. Die Nebenthäler des Zillerthales, bekannt als ungewöhnlich tief und steil, haben durchschnittlich wenig über 26° Neigung der Thalhänge. Gehänge von mehr als 25° werden bereits als Absturz bezeichnet; solche von 15° heißen Lehne, von 15—20° Hang und über 45° Wand. Ein sanft ansteigendes Gelände kann höchstens noch 5° haben, und ein steiler Anstieg hebt schon mit 15° an. Je kleiner



Die Ngaundereberge in Adamaua, Kamerunhinterland. Nach C. Morgen. Vgl. Text, S. 638.

das Gesamtgefälle im Verhältnis zur Höhe, desto größer ist die Fläche, die das Gebirge oder der Berg bedeckt. Niemals ist die Neigung auch nur an einem und demselben Berge gleichartig in allen Höhen. In der Regel nimmt nach obenhin die Steilheit zu, während nach unten die Hänge langsam in die Horizontale auslaufen. Bei einer Erhebung kommt sehr viel darauf an, wie die Summe der Höhen auf die Abschnitte des Anstieges verteilt ist. Nur eine allgemeine Vorstellung gibt die Angabe der Entfernung zwischen dem Anfangs- und Endpunkt eines Anstieges. Zu der Aussage: der Großglockner liegt 3798 m über dem Meere und 2520 m über dem oberen Möllthal, müßte man mindestens die Stufen von 2000 und 2500 m, des Brettbodens und der Pasterze, hinzufügen.

Selten sind beträchtliche Erhebungen von sehr geringem Breitendurchmesser, so wie jene vulkanische Riesensäule in Abessinien von 100 m Höhe und nur 15 m Durchmesser, die Bruce und Rüppell beschrieben haben, oder die von A. von Humboldt geschilderte Montaña de los Organos bei Actopan, ebenfalls eine vulkanische Bildung, oder der von Heinrich Barth genannte leuchtturmähnliche Berg Mendif in Adamaua in 10° 30′ nördl. Breite und 13° 15′ östl. Länge, von dem die Eingeborenen Barth erzählten, er sei einst schwarz gewesen, aber seine Spitze sei durch das Horsten unzähliger Adler weiß geworden. Ihm sind die

Berge von Ngaundere (s. die Abbildung, S. 637) verwandt. Dominik sagt von diesen Steinblöcken, die sich aus der Wute-Ebene wie schwarze Ungeheuer erheben: „Einzelne stiegen bis zu 200 m ganz unvermittelt aus der Ebene auf; sie waren sämtlich merkwürdigerweise vom Fuß bis zum Kegel vollkommen nackt, aller Humusboden fehlte. Trotz ihrer schweren Zugänglichkeit oder vielleicht gerade deshalb waren viele bewohnt; starke befestigte Dörfer freier Wute-Bauern schauen trotzig von ihnen in die Ebene." Einer der häufigsten Irrtümer in der Auffassung der Gebirge liegt in der Überschätzung des Gefälles der Berghänge. Das ist ein alter Fehler. Schon Olearius tadelt die von Meister gegebene Abbildung des Tafel- und Löwenberges als ungenau; er habe deshalb die der Andersenschen Reise beigegebene Abbildung nach einem „bei dem Capo von einem guten Maler" auf ein Straußenei gemalten Bild in der Gottorpschen Kunstkammer anfertigen lassen. Es ist hier einer der Punkte, wo die künstlerische Darstellung und Manier Einfluß auf die wissenschaftliche Vorstellung gewonnen hat. Wir stehen selbst einem so strengen Beobachter wie Wahlenberg einigermaßen zweifelnd gegenüber, wenn er erzählt von „Gehängen von Fjällen, welche wirklich unter einem Winkel von 70° einschießen, und scheinen dieselben auf dem Weg zum Lerfjord sogar von Renntieren passiert worden zu sein". Es ist schon ein sehr bedeutendes Gefälle, wenn ein Berg um 20° Neigung hat; eine Höhe von etwa 1500 m wird bei solcher Neigung kaum in der doppelten Weglänge zurückgelegt.

Gebirgssockel und Gebirgsaufbau.

Was ist der Sockel eines Gebirges? Für die einfache Anschauung ebenso wie für die geschichtlichen Bewegungen beginnt das Gebirge da, wo es sich als Individualität aus dem Boden loslöst. Es liegt aber in der Natur der Gebirgsbildung, daß diese Grenze schwer zu bestimmen ist. Doch wird man im allgemeinen nicht zweifeln, daß der Fuß der Deutschen Alpen nicht an der Donau liegt, wohin man ihn verlegen muß, wenn man den äußersten Bereich der Alpenfaltung umspannt, sondern etwa durch eine Linie Salzburg — Rosenheim — Kempten bezeichnet wird, die im einzelnen genauer bestimmt werden könnte. Die Orographie dagegen wird als Sockel den vom Meeresniveau bis zur Basis der Kämme und Gipfel des Gebirges sich erhebenden Teil eines Landes bezeichnen. Seine Flächenausdehnung wird durch die äußerste Grenze des Gebirges bestimmt. So sagen wir von den Pyrenäen: sie bedecken 55,000 qkm, und ihr Sockel erhebt sich auf dieser Fläche im zentralen Teil des Gebirges bis über 2500 m. Denken wir uns aber die ganze Masse dieses Gebirges samt Kämmen und Gipfeln auf diese Grundfläche aufgetragen, so erhalten wir eine Masse von 1200 m mittlerer Höhe. Die Orographie nimmt den Gebirgssockel an als „jene im Meeresniveau beginnende prismatische Erdmasse von horizontaler Oberfläche, auf welcher die Gebirgskämme als dreiseitige Prismen aufgesetzt sind. Sie hat die horizontale Area des Gebirges zur Grundlage" (Sonklar). Diese Bestimmung hat den Vorteil, von der Überschätzung des äußerlich Auffallenden am Gebirge abzulenken zu der richtigen Auffassung des Kernes des Gebirges, der sich zu den Kämmen und Gipfeln verhält, wie das Fundament und Mauerwerk eines Hauses zu dessen Giebeln und Firsten. Der Sockel ist das Unveränderliche am Gebirge im Vergleich mit den allen äußeren Einflüssen ausgesetzten Kämmen und Gipfeln, die gleichsam nur eine Decke über dem Sockel bilden. Der Sockel ist auch im erdgeschichtlichen Sinne das Dauernde, das übrigbleibt, wenn alle Gipfel und Kämme abgetragen sind; so sind die langgezogenen, massigen, aber niedrigen und einförmigen Höhen der deutschen Mittelgebirge die Sockel und Kerne alter Hochgebirge.

Der Sockel tritt an den Rändern des Gebirges als Schwelle oder Vorstufe hervor, die entweder den Charakter einer vorgelagerten Ebene oder eines Hügellandes, der „Vorberge", hat. Vom Nord- und Südrande der Alpen steigen langsam schräge Ebenen, dort zum Rhein und zur Donau, hier zum Po hinab. Sie sind aufgeschüttet vom Geröll der Alpen, das mächtige



Südliche Ansicht der Westhälfte des Dachsteingebirges.
Nach F. Simony.

Ströme herausgeführt, abgerollt und sehr gleichmäßig ausgebreitet haben. In diesem meist trockenen Geröll liegen zahlreiche Steine aus den inneren Alpen. Wer von München nach dem Starnberger, von Mailand nach dem Langensee, von Ravensburg nach dem Bodensee geht, wandelt stets über diese schrägen Ebenen, die immer in der Nähe dieser schönen Wasserbecken den gleichen Übergang in ein Hügelland von seltsam verworrenen niederen Höhenzügen mit gewundenen Thälern und abgeschlossenen Becken zeigen, das aus ähnlichem Schutt, aber in der bekannten Mischung der Moränen aufgeführt ist. Wo nun in diesen Vorstufen die Falten von gebirgshafter Größe aufhören, liegt der Fuß des Gebirges. Vor ihm zieht sich ein mannigfaltiger Saum von kleinen Gebirgen, Bergen und Bruchstücken von Hochebenen, die Ausläufer und Reste des Gebirges, wie Halbinseln und Inselgruppen hin, und tiefere Stellen erstrecken sich wie Buchten und Sunde dazwischen hinein. Liegt ein Nebel in diesen Vertiefungen, so haben wir das Bild einer Meeresküste. Das ist indessen nicht bloß Bild, denn in der That hat der Gebirgsrand seine Buchten ebenso wie seine Inseln und Halbinseln. Verkehrsgeographisch sind gerade die gebirgsumschlossenen Flachlandbuchten wichtig; man denke an das Veltlin, an die oberrheinische Bucht, an die Oderbucht, an die Leipzig-Thüringer Bucht.

Es gibt auch Gebirge, deren Sockel nicht sichtbar ist, weil er im Meere liegt. Das Meer überschwemmt ihren Fuß und dringt sogar in ihre Thäler ein. Ein derartiges Gebirge, das Gebirge von König Wilhelm-Land in Ostgrönland, hat Payer durch folgendes Bild zu kennzeichnen gesucht: Man denke sich das Meeresniveau in unseren Alpen bis zu 2500—3000 m gehoben und die aus der Flut hervorragenden Berge zu Massiven von 4600 m Höhe aufgebaut, die mit 2000 m hohen fast senkrechten Wänden aus dem Meere aufsteigen: die höheren Gebirgsketten würden Inseln, die Thäler Fjorde sein. Man denke sich ferner, daß diese Berge nicht wie in unseren Alpen auf einer 1000—1500 m hohen Basis sich erheben, wodurch z. B. die relative Höhe des Montblanc sich auf wenig über 3000 m bestimmt, sondern daß die Höhe, die wir messen, ihre absolute Höhe ist, mit der sie aus dem Meere steilwandig aufsteigen. Und endlich bedenke man, daß die Tiefe des Meeres, das ihren Fuß bespült, selbst in den Fjorden 1000 m übertrifft, und daß auch dies steilwandige Becken sind, so gewinnt man den Eindruck ungemeinen Vorwaltens der vertikalen Dimensionen bei fast völligem Verschwinden der horizontalen. Das ostgrönländische Hochgebirge besteht aus einer Anzahl von Felsblöcken, die durch fast vertikale Schnitte tief voneinander getrennt sind, während die Alpen Parallelketten darstellen, deren einzelne Gebirgsgruppen untereinander zusammenhängen.

Das Stockwerkartige im Aufbau hoher Gebirge ist mehr als ein bloßes Aufeinandertürmen, es ist ein organisches Herausentwickeln entsprechend den Einflüssen der Schwere, des Klimas, des Wassers und der Vegetation, deren Kraft und Art sich mit der Höhe ändert. Den Schutz der zusammenhängenden Pflanzendecke lassen die runden Formen breitrückiger Mittelgebirge erkennen, und dieselben Formen kehren im Fundament der Hochgebirge wieder. Darüber erscheinen in allen Gebirgen der gemäßigten Zone die unverkennbaren Formen der Gletscher- oder Rundbuckellandschaft, und darüber die scharfen Kanten und Spitzen der durch Frost und Hitze zersprengten, in ihrer Höhe weder durch die Vegetation noch durch den Firn geschützten Gipfel und Grate. Unten die Formen des fließenden Wassers, darüber die Formen des fließenden Eises, darüber die der Hydrosphäre entragenden Formen rein atmosphärischer Wirkungen. In dieser naturgemäßen Folge, mit der eine allmähliche Zusammenziehung aus dem breiten Fundament bis zu den vereinzelten Gipfelzacken einhergeht, liegt ein Hauptgrund des bei aller Mannigfaltigkeit Einheitlichen, Stilartigen im Eindruck einer Hochgebirgslandschaft. Es ist ein geschichtlich Gewordenes und etwas vom Kunstwerk darin. Die „Südliche Ansicht der Westhälfte des Dachsteingebirges“ (s. die beigeheftete Tafel), die eine der verständnisvollen Zeichnungen F. Simonys wiedergibt, zeigt sehr schön diesen Aufbau.

Der Gebirgskamm.

Die Gruppierung der Berge in Reihen drückt äußerlich ihren tieferen Zusammenhang aus, der in der Zugehörigkeit zu einem und demselben Gebirgskamm oder einer und derselben Gebirgskette liegt. Um diese Zusammengehörigkeit zu beweisen, genügt es freilich nicht, daß ein Berg neben dem anderen steht, so wie wir die Vulkane aneinandergereiht finden, die scheinbar



Die Schneekoppe, von Krummhübel aus. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 641.

auf derselben unterirdischen Spalte aufgestiegen sind; sondern es muß die thatsächliche Verbindung der einzelnen Berge durch einen gemeinsamen Unterbau hergestellt sein. Dieser Unterbau ist der Gebirgskamm, der als Kamm im engeren Sinne in den Hochgebirgen sich schmal und mit steilen Abhängen erhebt, als Rücken in den Mittelgebirgen breit verläuft. Jeder Blick auf ein hohes oder mittleres Gebirge lehrt uns, daß kein Gipfel für sich ganz allein steht, sondern daß selbst die kühnsten Erhebungen einer Kette oder einem Kamm entsteigen, der außer ihnen auch noch andere Erhebungen hat. Man kann sagen, jeder Hochgebirgsgipfel habe neben seiner absoluten Erhebung über den Meeresspiegel auch noch zwei relative Höhen aufzuweisen, nämlich die Höhe über den umgebenden Thalniederungen und die Höhe über seinem Kamm.

Praktisch macht sich das für den Bergsteiger in der Weise geltend, daß er, einem Hochgipfel zustrebend, vom Thale, also von der Basis der ersten relativen Erhebung, ausgeht und auf dem Kamm, der Basis der zweiten relativen Erhebung, die Rast macht, um von da aus den eigentlichen Gipfel in Angriff zu nehmen. Was von einer Seite eines Kammes auf die andere sich begeben will, was also über das Gebirge wegstrebt, das hat seinen Weg über den Kamm zu nehmen oder aber über jene Einschnitte des Kammes, die man als Pässe bezeichnet. Keineswegs ist aber Kamm und Paß dasselbe. Die Pässe sind tiefere Einschnitte des Kammes. Die Paßhöhe kann also nicht durch die mittlere Kammhöhe ausgedrückt werden. Ebenso können auch nicht in allen Fällen die Gipfel mit in die Kämme einbezogen werden. Der Kamm ist von Gebirge zu Gebirge verschieden. Seine Natur hängt eng mit der Entstehung des Gebirges zusammen. Wenn wir auch nicht mit A. von Humboldt die Kammlinie als „Produkt der Erhebung



Das Wettersteingebirge. Nach den bayerischen Positionsblättern und der österreichischen Spezialkarte. Vgl. Text hier u. S. 645.

auf der ersten Erdspaltung" betrachten, sehen wir doch einen der charakteristischsten Züge im Bau eines Gebirges in ihr, wie übrigens jeder Blick auf eine Gebirgskarte, auch die obige, zeigt.

In den Mittelgebirgen sind die Kämme am häufigsten sanft gewölbte Rücken, wie der bekannte Rennsteig, d. i. Weg für Renner, für berittene Boten, des Thüringer Waldes, im Hochgebirge dachartige Grate, Firsten, Schneiden. Doch ist auch der 30 km lange Kamm des Riesengebirges der First eines Granitmassivs (vgl. hierzu die Abbildung, S. 640). Der Grat wird zur Schneide oder zum scharfen Rücken (Ziegenrücken des Riesengebirges, Eselsrücken bei Spaniern und Griechen), wenn die schräg einfallenden Schichten in einer Linie absinken, bei raschem Zerfall zum Blockgrat, bei ungleicher Verwitterung zum Doppelgrat, der eine Furche zwischen zwei erhöhten Rändern läßt. Einfallende Schichten zeigen eine Steilwand auf der Seite der Schichtenköpfe, einen sanfteren Abfall auf der der Schichtenflächen; Escarpement, bezw. Escarpment, nennen die Franzosen und Engländer diesen Steilabfall. Auflagerungen von Eis, Firn, Schutt oder Humuserde beeinflussen den Kamm. Besonders die Firnschneiden mit ihrer silbernen Krönung sind charakteristische Gebilde. Indem Schnee an den Kamm angeweht wird, baut er sich seitlich hinaus und bildet in den Schneewächten eine phantastische, aber für den

Wanderer gefährliche Kammform. Die Lagerung der Gesteine bedingt auch die gewölbte oder Dachform der einfachen Falte, den zinnenartigen Kamm der senkrecht stehenden Schichten.

Die Nebenkämme, die vom Hauptkamm zu beiden Seiten abgehen[1], haben weder in der Länge noch, mit wenigen Ausnahmen, in der Höhe die ausgezeichnete Stellung des Hauptkammes, und vor allem sind sie nicht die Träger der für die Gesamtnatur des Gebirges so wichtigen Hauptrichtung. Aber die unmittelbar an den Hauptkamm sich angliedernden Nebenkämme umschließen wichtige Thäler und sind wirtschaftlich und landschaftlich oft noch wichtiger als der Hauptkamm. Nicht selten erheben sich sogar die bedeutendsten Berge aus Nebenkämmen. Die Einteilung der Nebenkämme in verschiedene Ordnungen richtet sich nach ihrer wichtigsten Funktion, der Umschließung der Thäler. Thäler erster Ordnung werden von Kämmen erster Ordnung eingeschlossen u. s. w. Über den Ansatzpunkt eines Nebenkammes an den Hauptkamm entscheidet der Gebirgsbau; was scheinbar Nebenkamm ist, kann dem inneren Bau nach Hauptkamm sein.

Die mittlere Kammhöhe gewinnt man aus dem Längenprofil des Kammes, indem man sich die Unebenheiten desselben alle so ausgeglichen denkt, daß bei unverändertem Flächeninhalt die obere Begrenzung durch eine mit dem Meeresspiegel parallele Linie gebildet wird. Die Berechnung kann dabei in der Weise geschehen, daß man das Kammprofil in Trapeze zerlegt, deren parallele Seiten von den Ordinaten der Gipfel und Pässe, deren nichtparallele Seiten aber vom Meeresniveau und von den einzelnen Kammprofilstrecken gebildet werden. Die Summe aller Trapezinhalte ergibt nach Division durch die Kammlänge die gesuchte mittlere Kammhöhe. Oder man bestimmt auf dem Profil des Kammes die äquidistanten Punkte und konstruiert durch ihre Ordinaten Trapeze, aus deren Flächeninhalt, dividiert durch die Kammlänge, die mittlere Kammhöhe sich ergibt. Daß das Areal des Kammprofiles auch planimetrisch berechnet werden kann, ist klar. Man erhält dabei Summen von sehr verschiedenem Verhältnis zu den Höhen der Gipfel, wie folgende Beispiele zeigen:

	Mittlere Kammhöhe	Mittlere Gipfelhöhe	Unterschied
Östliche Berner Alpen . .	3440	3555	115
Westliche Berner Alpen . .	2790	2995	205
Schwarzwald	770	790	20
Thüringer Wald	740	765	25
Erzgebirge.	845	880	35
Taunus	486	540	54

Die Gipfel entragen entweder dem Hauptkamm oder dem Nebenkamm, weshalb sie oft bei der Berechnung der Kammhöhe mit herangezogen werden. Aber doch möchte gegen diese Einbeziehung in den Gebirgen mit ausgesprochenen Gipfeln die eigentümliche Natur der Gipfel sprechen, deren Bau und Entwickelung von dem des Kammes um so weiter abweicht, je höher sie sich über ihn erheben. Man denke an die Firnauflagerungen der sogenannten Schneegipfel oder an die vulkanischen Berge, die wie Fremdlinge einem granitischen oder aus Schichtgesteinen gebildeten Gebirgskamm aufsitzen. In vielen Hochgebirgen wird sich sogar die Gipfelhöhe schon im Verlauf von Jahrzehnten vermindern, während die Kammhöhe sich viel längere Zeit gleichbleibt.

Der Unterschied zwischen mittlerer Gipfel- und Sattelhöhe, den Sonklar als mittlere Schartung bezeichnet, hängt natürlich ganz von diesen beiden Größen ab, und es gilt für diesen alles, was von jenen gesagt wurde. Neumann bezeichnet sie als den mathematischen Ausdruck dafür, ob der Kamm sozusagen mauerartig verläuft, oder ob er tiefe Einschnitte hat, und meint, die mittlere Schartung lasse in Verbindung mit der mittleren Sattelhöhe einen Schluß ziehen auf die Überschreitbarkeit des Kammes; das letztere ist zu bezweifeln, da die Überschreitbarkeit

[1] Den Hauptkamm begleitende Kämme, wie wir sie im Riesengebirge in den oberen Rändern des Schiefermantels des granitenen Hauptkammes finden, bezeichnet man besser mit diesem besonderen Namen, um ihre selbständigere Stellung anzudeuten.

in der Höhe der Einschnitte liegt und nichts mit den darüber emporsteigenden Gipfeln zu thun hat. Wohl aber ist die mittlere Schartung im stande, uns eine Vorstellung von dem Verlauf der Kammlinie zu geben; dieser wird gegensatzreicher, und die Schartung wird damit größer sein bei einem jungen Hochgebirge als bei einem alten Mittelgebirge. Doch sagt sie bei beiden nichts über die Formen des Kammes aus, weswegen wir den Wert dieser Größe doch nicht sehr hoch bemessen können.

Pässe.

Praktisch ist der Paß der Übergang über ein Gebirge. Der Übergang wird natürlich an der tiefsten Stelle gesucht, und so fallen die meisten Pässe mit den tiefsten Einschnitten des Kammes zusammen. In der Regel liegen diese Einschnitte zwischen zwei Thälern. Man steigt das Reußthal hinauf zum Gotthard und vom Gotthard das Tessinthal wieder hinab; man steigt das Sillthal hinauf zum Brenner und das Eisakthal wieder vom Brenner hinab. Ein Übergang kann aber auch in einem leichten Einschnitt des scharfen Gebirgskammes liegen, den man Scharte nennt, oder in einer breiteren Einsenkung eines wallartigen Höhenzuges, dem Joch. Sattel ist ein ebenfalls für Pässe angewendeter Name; der Sattel stimmt mit dem Joch im wesentlichen überein. In der Sprache der Gebirgsbewohner gibt es zahlreiche Namen für Pässe, wie Thor, Thörl, Gscheid, Col, Gap. In der wissenschaftlichen Beschreibung wendet man lieber den allgemeineren Ausdruck Sattel an, mit dem man dann auch Einschnitte bezeichnet, die nicht als Pässe benutzt werden, während man Einsenkungen zwischen zwei Gebirgen ausschließt, die zwar wichtige Durchgänge, aber nicht Übergänge oder Pässe im strengeren Sinne sind, wie die Burgundische Pforte zwischen Jura und Vogesen, oder die Mährische Pforte, eine mit jüngeren Schichten erfüllte Mulde zwischen Beskiden und Sudeten.

Der echte Paß ist immer eine selbständigere, tiefere Einsenkung des Gebirges, die nicht selten schon durch ihre Lage, wie der Gotthard und der Brenner, zwischen großen Zweigen des Gebirges einen tieferen Zusammenhang mit dem Gebirgsbau bekundet. Die Natur des Passes ist ganz abhängig von der Natur des Gebirges. Ein scharfer Kamm hat nur Scharten, ein breiter Gebirgswall hat Jöcher, in den abgeflachten Mittelgebirgsformen gehen die beiden ineinander über, und es entsteht der Sattel. Hat ein Fluß einen Gebirgswall durchschnitten, so entsteht ein Thalpaß, und dort, wo zwei entgegengesetzt abfließende Gewässer ihre Wasserscheide haben, ein Wasserscheidenpaß.

Die Pässe zeigen in ihrer Höhe keinen unmittelbaren Zusammenhang mit den Höhen der Berge. Das Stilfser Joch ist einer der höchsten befahrenen Pässe (2760 m); auf ihn schaut von Osten ganz nahe der Ortler (3905 m) herab, und im Westen liegt weiter entfernt die Berninagruppe (4050 m). Dagegen führt gleichsam über die Schulter des Montblanc (4810 m) der Kleine St. Bernhard, der 2190 m hoch ist. Aber im allgemeinen liegt auch in den Paßhöhen ein Ausdruck für die Gesamterhebung der Gebirge. In den westlichen Alpen dominieren die Pässe von mehr als 2000 m; Col di Tenda (1870 m), Mont Genèvre (1860 m), Simplon (2010 m), Gotthard und Splügen (2115 m) sind typische Höhen bis zum Stilfser Joch. Nach Osten hin sinken von dem tiefen Einschnitt des Brenner (1360 m) die Paßhöhen herab, bis sie im Semmering bei 980 m ankommen. Man sieht hier eine Ähnlichkeit der Höhenabstufung in den Pässen wie in den Gipfeln, ohne daß doch die beiden einander überall entsprechen. Es gibt hochgipfelige Gebirge mit niederen Pässen und umgekehrt. Das kann nicht anders sein, da der Paß dem Sockel oder auch dem Kamm angehört. Ramond war es, der zuerst auf die

verhältnismäßig größere Höhe der Pyrenäenpässe im Vergleich mit den Gipfeln und auf das umgekehrte Verhältnis in den Alpen hinwies. Innerhalb der Alpen finden wir dasselbe. Die Paßhöhe der mauerartigen westlichen Berner Alpen ist 2580 m, die der turmartigen, spitzenreichen, östlichen 3320 m. Alexander von Humboldt hat zuerst die allgemeine Regel ausgesprochen: überall verhalten sich die mittleren Höhen der Gebirgsrücken nicht wie die der Gipfel.

Die mittlere Paßhöhe kann bei Gebirgen von breitem, gleichmäßigem Sockelbau einen passenden Ausdruck für die Überschreitung eines Gebirges geben und insofern von praktischem Werte sein. Je näher der Kamm eines Gebirges einer Wellenlinie von mäßigen Erhebungen und Einschnitten steht, desto besser wird die mittlere Paßhöhe den wirklichen Verhältnissen gerecht werden. Aber ein einziger Einschnitt von besonderer Tiefe, in dem sich ebensowohl die Luftströme als die Ströme des Lebens zusammendrängen, macht die Mittelzahl wertlos. Wenn der Thüringer Wald eine mittlere Kammhöhe von 643 m hat, der



Ausblick vom westlichen Uspallata-Paß (3810 m) gegen Argentinien. Nach J. Habel.

Eisenbahnverkehr aber die Extreme von 374 und 812 m benutzt, was bedeutet da gegenüber der verkehrsgeographischen Wirklichkeit jene Mittelzahl? Das Erzgebirge hat 56 Einschnitte, durch deren Messung Burgkhardt die mittlere Sattelhöhe von 811 m findet. Da der höchste Paß des Erzgebirges 853 m (Frauenstein), der niedrigste 680 m (Dippoldiswalde) mißt und alle Erzgebirgspässe, außer dem von Dippoldiswalde, zwischen 760 und 853 m liegen, gibt die mittlere Sattelhöhe eine annähernde Vorstellung von der Überschreitbarkeit. Betrachten wir aber mit Heinrich Schurtz das Elbthal als den ältesten, natürlichsten und wichtigsten Paß der Erzgebirgsschranke, so ändert sich das Bild alsbald, denn der Spiegel der Elbe liegt am Fuß des Erzgebirges in 120 m Höhe.

Die Gipfel des Gebirges.

Im Anblick eines Gebirges machen die Gipfel zuerst den größten Eindruck. Sie sind das Hervorragendste durch ihre Höhe und Beleuchtung, das Hervortretendste durch ihre Farbe, ob sie nun von Firnfeldern leuchten, als hellgrüne oder gelbliche Triften sich von dem dunkeln Waldkleid abheben oder als steingraue Felsen sich herausrecken; sie sind endlich sehr oft durch ihre Formen ausgezeichnet. Wer könnte je die schroffe Mauer und die spitzen Zinnen der Zugspitze oder den schiefen Turm des Matterhorns vergessen? Selbst wo ein alter Gebirgsbau

nicht auf die Individualisierung der einzelnen Berge angelegt ist, bricht eine Selbständigkeit der höchsten Erhebungen durch. Die Bergformen des Mittelgebirges sind im allgemeinen einförmig wellig, rundlich; um so schärfer heben sich die turm- und mauerartigen Felsengruppen auf dem Rücken der Berge, die Quarzfelsen im Bayrischen Wald, die Granittürme im Fichtelgebirge und Böhmerwald, die Klippen auf dem Brocken oder nun gar die Annäherung an einen fast alpinen, scharfen Grat im Riesengebirge hervor.

Die Gruppierung der Gipfel zeichnet den Bauplan eines Gebirges in seinen hervorragendsten Erhebungen. Es ist ein anderer Aufbau in einer Riesenmauer, wo die Gipfel sich zinnenförmig aneinanderreihen, als in einem Massengebirge, wo aus einer Hochebene sich seltene, zerstreute Gipfel hervorwölben. Die reihenförmige Anordnung kennzeichnet vor allem die Kalkalpen, deren Gipfel häufig nur die hervortretendsten Teile der mauerartigen Kämme sind (s. die Karte, S. 641); überhaupt wiegt dieselbe in den Faltengebirgen vor. Je verwickelter dagegen der Faltenbau ist, desto bunter ist auch die Anordnung der Gipfel. Am einfachsten ist dann noch die Zickzacklinie, die dadurch entsteht, daß in eine nicht breitere Bodenfalte von beiden Seiten her Kahre oder andere Thalschlüsse eingreifen, auf deren Firnfelder die Gipfel oft wie im Halbkreis stehende Pfeiler eines verfallenen Amphitheaters herabschauen, an das Wort Grabbes von den Schneehäuptern der Alpen erinnernd, „ein Senat uralter Bergtitanen". Gipfel erscheinen sehr oft über der Kreuzung einiger Grate und beim Zusammentreffen einiger Thäler als der letzte Rest eines Massivs, von dessen Zerteilung und Zerthalung sie allein übrig geblieben sind. Dabei bilden die äußeren Abstürze der Grate Nebengipfel, die wie eine Bergfamilie den Hauptgipfel umstehen, und in solchen Gruppierungen verrät oft die Stellung der Gipfel zu einander einen alten Zusammenhang.

Wie großartig sich auch jeder einzelne hohe Berg in einer Gruppe wie derjenigen des Montblanc von der Masse der niedrigeren abhebt, so ist doch bei einem Umblick von den beherrschenden Gipfeln nicht zu verkennen, wie diese durch allmähliche Abstufungen mit jenen sich verbinden, und man sieht dann doch, daß selbst der Montblanc nur die höchste Spitze einer gleichsam stufenweise aus der Umgebung sich erhebenden Gesteinsmasse ist. Wenn man in einem Thale des Jura zwischen zwei runden, langgestreckten Hügelwällen wie in einem seichten Graben wandelt, glaubt man den entschiedensten Gegensatz zu einem von kühn aufgetürmten Gipfeln der verschiedensten Gestalt umdräuten Alpenthal wahrzunehmen. Und doch ist es eine ganz ähnliche Erscheinung, der man in einem Thale des Karwendelgebirges gegenübersteht, in dessen Ketten man freilich nur bei eingehender Untersuchung die Falten wiederfindet, die zertrümmert, verstürzt, teils durch Abtragung, teils durch Verhüllung unter mächtigen Schutthalden unkenntlich geworden sind. Es treten auch noch in anderer Weise symmetrische Verhältnisse im Aufbau der Alpen zu Tage. Wer auf dem Gotthardpaß (vgl. die Karte, S. 575) steht und zurück von dieser Grenzscheide deutschen und welschen Volkes nordwärts nach dem Gebiete des wilden Reußthales und der vier Waldstätten schaut, dem hebt zur Linken Monte Fibbia, zur Rechten Monte Prosa ähnlich gestaltete Gipfel in die blaue Luft; das sind Reste der großen gequetschten Falte, deren Gesteinsschichten wie die Blätter eines auf den Rücken gestellten und aufgeschlagenen Buches aufeinanderfolgen. Es wiederholen sich zu beiden Seiten des Passes gleiche Gesteine in ähnlichen Formen.

Die Gipfel einer Gebirgsgruppe können wesentlich gleich oder auch sehr ungleich an Höhe sein. Wenn die Gipfel den Zinnen einer Mauer entsprechen, ist das Verhältnis anders, als wenn sie die Stufenabsätze einer aus schrägen Schichten sich aufbauenden Pyramide sind. Im ersteren Falle wird die Summe der Gipfelhöhen, geteilt durch die Zahl der Gipfel, eine mittlere Gipfelhöhe ergeben, welche sich nur wenig von der Höhe des kulminierenden Gipfels entfernt, während im anderen Falle die mittlere Gipfelhöhe weit entfernt sein wird von der kulminierenden Höhe. Es liegt, mit anderen Worten, in der mittleren Gipfelhöhe immer ein Zusammenhang mit dem Aufbau des Gebirges, der aber natürlich nur gewahrt bleiben wird,

solange diese mittlere Zahl aus einer beschränkten Gruppe von einheitlichem Bau gewonnen wird. Darüber hinausgehend erhält man Mittelzahlen ohne allen Wert. Es ist z. B. unmöglich, eine mittlere Gipfelhöhe der Alpen anzugeben; wohl aber sind die mittleren Gipfelhöhen, wie sie z. B. Sonklar für die Öttzthaler, Stubaier, Zillerthaler Alpen und die Hohen Tauern gegeben hat: 3100 m, 2900 m, 2560 m, 2800 m, noch immer unwiderlegt.

Die Selbständigkeit des Berges hängt von seinem Verhältnis zu dem Teile der Erde ab, aus dem er sich hervorhebt; dieses Verhältnis aber ist bestimmt durch die Größe der Fläche, die er bedeckt, und dann durch den Winkel, in dem er ansteigt. Je größer der letztere, desto selbständiger erscheint der Berg. Dabei kommt auch in Betracht, ob er sich auf allen Seiten in gleichem Maße loslöst oder nicht. Man kann demnach selbständige und weniger selbständige Berge unterscheiden. Ein Vesuv, der rings mit gleicher Bestimmtheit von seiner Basis sich loslöst, um seiner Spitze in fast gleichmäßiger Kegelform zuzustreben, ist ganz anders individualisiert als ein kleiner Teil eines Grates, der zufällig sich um ein paar Meter über den Rest eines Gebirgskammes oder Firstes erhebt. Es gibt Gebirge, die wesentlich nur noch solche relativ unbedeutende Erhebungen zeigen, wie Schwarzwald, Erzgebirge, Ural.

Das Verhältnis des Berges zum Gebirgskamm ist nicht folgerichtig zu bestimmen. Wir nennen in den Mittelgebirgen Berg, was eben nur sichtbar aus dem Kamme hervorragt, in den Hochgebirgen sind wir anspruchsvoller. Hier repräsentieren uns den beschränktesten Begriff von „Berg" nur die höchsten und selbständigsten Hervorragungen eines Kammes. Man könnte sonst in einem zackenreichen Kamme Dutzende von Bergen nennen, die durch nichts als kleine Höhenunterschiede voneinander verschieden sind und für das Gebirgsglied, dem sie angehören, ebensowenig Bedeutung haben wie die Zacken eines Nesselblattes für eine Nessel. Unterscheidet und benennt man nun auch solche Berglein nicht aus wissenschaftlichen Gründen, so haben doch viele von ihnen im Zeitalter der Touristik aus praktischen oder auch unpraktischen Gründen Namen empfangen. Von der Mädelegabel in den Algäuer Alpen z. B. zieht sich ein schmaler Kamm mehr als meilenweit direkt nach Norden, der als Himmelsschroffen südlich von Oberstdorf sich als steiler Berg erhebt. Trettachspitze, Vorderer Schroffen, Wilder Gund, Späten Gund, Wildgund, Ringersgund, endlich Schroffen sind Erhebungen desselben Grates. Ein Bergindividuum, berechtigt einen besonderen Namen zu tragen, ist aber in der ganzen Gesellschaft eigentlich nur die Trettachspitze.

Ebenfalls mehr aus touristischen als aus wissenschaftlichen Gründen wird die Zugehörigkeit eines Berges zum Hauptkamm erwogen, die in der Rangordnung der Gipfel eine Rolle spielt, besonders dann, wenn der höchste Gipfel dem Hauptkamm nicht angehört, wie Piz Bernina, über welchen daher Güßfeldt den im Hauptkamm liegenden Monte Scerscen stellt. Einer geographischen Auffassung der Gebirgsgipfel erscheint diese Frage als minder wichtig. Ist überhaupt der Hauptkamm immer klar zu erkennen? Ein scheinbar abzweigender Nebenkamm kann recht wohl die Fortsetzung des Hauptkammes sein, während die Richtung des Hauptkammes von einem Nebenkamm aufgenommen wird. Man legt bei diesen Unterscheidungen zu viel Gewicht auf die Richtung, während doch nur die Entwickelungsgeschichte die Frage: Hauptkamm oder Nebenkamm? entscheiden kann (vgl. oben, S. 642).

Die Bergformen.

Zwiefach ist der letzte Grund der Formen der Berge. Entweder tragen sie noch die Spuren der ersten Bildung, sei es nun Hebung, Faltung oder Aufschüttung (z. B. das Gewölbe eines Juraberges, der Vulkanberg), oder die ins einzelne in kleinen Linien und auf tausend Punkte wirkende Erosion hat sie gestaltet: wie z. B. viele Berge der Alpen, alle Berge der alten Mittelgebirge.

Dem tieferen Eindringen in den Gebirgsbau enthüllen sich jederzeit Formen beider Art. Unsere Bodenformen sind ja überhaupt älter, sind unter verschiedenartigeren Bedingungen entstanden, als man auf den ersten Blick meint. Selbst der Vulkan, der eine Aufschüttung von gestern zu sein scheint, hat einen alten Kern. Und wieviel Hebungen und Senkungen mag der Brocken erlebt haben? Keine innere Bewegung, aber auch kein Klimawechsel wird spurlos an den Bergformen vorübergehen. Selbst Änderungen der Pflanzendecke werden sie beeinflussen; wir haben gesehen, wie davon ein so wichtiger Bestandteil des Baues höherer Berge, wie die Kahre, abhängt (vgl. oben, S. 588).

Versuchen wir es, die Bergformen in Gruppen zu sondern, je nach dem Maß ihrer Abweichung von jener Gestalt, die ihrer ursprünglichen Bildung oder Entstehung entspricht, so



Der Gran Sasso d'Italia. Nach einer Originalzeichnung von K. Oenike. Vgl. Text, S. 652.

finden wir an der Spitze die am reinsten erhaltenen Aufschüttungskegel der Vulkane und die Gewölbe junger Gebirgsfalten. Die Quadermauern der Dolomiten und Kalkalpen haben tiefere Eingriffe erlitten, die als Breschen, Thore, Zinnen erscheinen. Die aufgerissenen Gewölbe, deren Flanken als schrägstehende Schichten übrigbleiben, sind schon viel schwerer auf die Wirkung der gebirgsbildenden Kraft zurückzuführen, die Kernmassen, um welche die sie einst verhüllenden Gesteinsschichten gleichsam abgeschält wurden, erscheinen oft wie aus der Tiefe heraufgequollen, und es ist einigermaßen begreiflich, daß man darum einst in den Alpen ein Gebirge vulkanischer Entstehung sehen wollte. Es kommt dazu, daß Reste einer zwischen zwei Falten stehenbleibenden Mulde über ihre Umgebung wie die Ränder eines Kraters hervorragen. Alle Hochgipfel der Erde, die nicht Vulkane und nicht ganz in ewigem Firn begraben sind, sehen einander ähnlich. Die alpinen Formen wiederholen sich im Kaukasus, Himalaya, in den Anden, in Neuseeland und Alaska. Was Bonney von Alaska sagt, daß kein Kenner das Gebirge ohne die Vegetation zu unterscheiden vermöchte, gilt von allen. Sogar stark

verwitterte alte Vulkangipfel, wie der Aconcagua, nehmen denselben Stil des Aufbaues in mehreren Stockwerken mit vielerlei Rippen und Graten an. Am unkenntlichsten wird aber der ursprüngliche Gebirgsbau, wo Schutt mit Firn und Gletschereis in den höheren, Humusboden



Der Großglockner und der Pasterzengletscher. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 649.

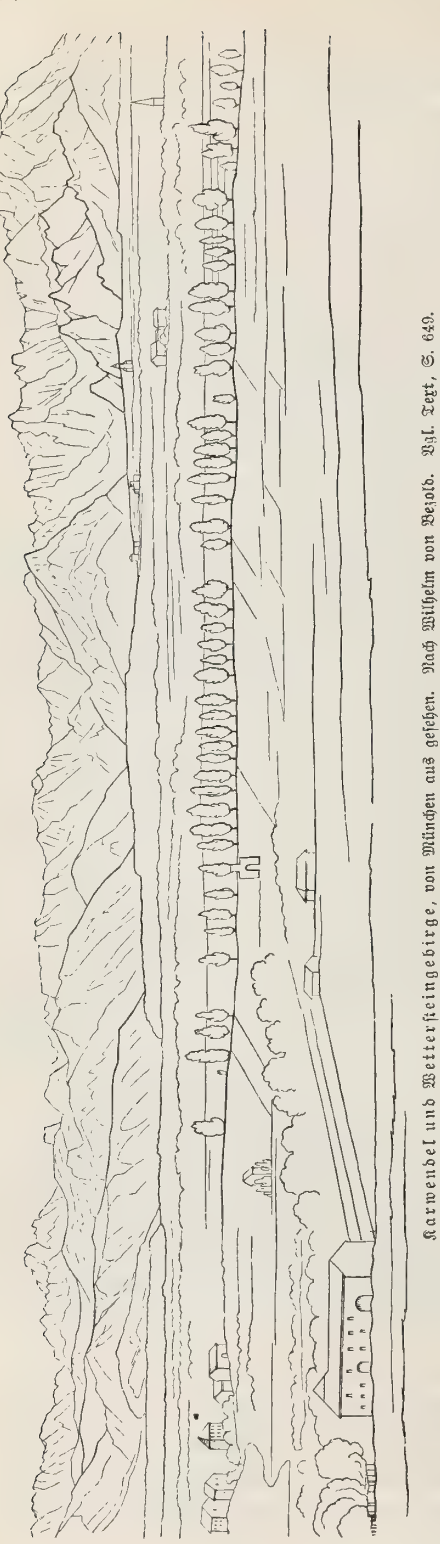
in den tieferen Regionen ein Gebirge so einhüllen, daß man nur noch an wenigen Punkten einen Einblick in seinen Aufbau gewinnt. Berge, die ganz in Schuttblöcken begraben sind, wie Mount Dana (4030 m) in der Sierra Nevada Kaliforniens, sind in den Alpen nicht bekannt. Wohl aber verhüllt pflanzenbewachsener Humusboden Alpengipfel bis gegen 3000 m, wobei sogar auffallend steile grüne Hänge vorkommen, wie an der Höffatsspitze im Algäu. Bei solchen

Bergen werden steile, glatte Grashänge eine Gefahr für den Bergsteiger. Allerdings hat jener Mount Dana nur einen kleinen Gletscher, sein Klima ist trocken wie das Siziliens; es fehlen also die Wasserkräfte, um den Schutt zu beseitigen.

Auch die Gleichmäßigkeit der Gipfel eines Gebirges gehört zu den Merkmalen seines ursprünglichen Baues. Wir finden übereinstimmende Höhen in einer und derselben Gebirgsgruppe, so wie wir hohem oder niederem Wuchs bei Menschen als Familienmerkmal begegnen. Die sechs höchsten Gipfel der Ötzthaler Gebirgsgruppe liegen zwischen 3607 und 3779 m, die höchsten Gipfel der Tauern zwischen 3500 und 3798 m. Auch die höchsten Gipfel der zentralen Ostalpen stehen einander sehr nahe: Bernina 4050, Ortler 3910, Großglockner 3800, Wildspitz 3780, Venediger 3660 m. Aber wir finden auch Höhenähnlichkeiten in entlegeneren Gebirgen ähnlichen Baues, so in den Kordilleren Bolivias: Sorata (Hauptgipfel nach Conway Ancohuma) 6620, Illampu 6560, Illimani 6405 m, oder im Nordwesten Nordamerikas Mount Logan 5950, Mount Elias 5520, Mount Fairweather 4940 m. Wenn man die Hochgipfel des Himalaya mit denen des Mustagh (über 8000 m) vergleicht, möchte man ebenso auch von einer Höhenverwandtschaft der Gebirge vom Himalayatypus in Südasien sprechen. In allen diesen Fällen sind aus Massen von ursprünglich ähnlicher Höhe die Gipfel durch Zerfall und Abtragung zwischenliegender Stücke von ungefähr gleichem Betrage in ungefähr gleichen Zeiträumen entstanden. Die überragende Höhe einzelner ist dabei auf oft unauffällige Eigentümlichkeiten des Gesteinsbaues zurückzuführen; so ist der Großglockner (s. die Abbildung, S. 648) offenbar durch den Grünsteinzusatz seiner Schiefer widerstandsfähiger.

Es ist auffallend, wie oft gerade in Schollenländern Höhen um 2500 und 3000 m vorkommen. 2700 m mißt der Anamudi-Pik, der höchste Berg Indiens südlich vom Himalaya; 2600 m erreichen die Erhebungen der Iberischen Halbinsel. Nicht bloß gleichmäßige Höhen der Berge, sondern auch übereinstimmende Formen finden wir besonders dort, wo gleichmäßiger Gesteinsbau vorwaltet, mehr aber noch, wo die Gesteine eine Gleichartigkeit der Lagerung zeigen. Die Gebirgsfalte hat ursprünglich auf weitere Erstreckung gleiche Höhe; je reiner sie erhalten ist, desto gleichmäßiger ist ihre Höhe und die der firstförmigen Gipfel. Daher die große Gleichartigkeit der Jurahöhen auf weite Erstreckung in einer und derselben Gebirgsfalte. Auch im ligurischen und etrurischen Apennin setzt uns die häufige Übereinstimmung rundlicher und flachpyramidaler Gipfel in Erstaunen. In engeren Gruppen verleiht die Formähnlichkeit den Gipfelansammlungen etwas Stilmäßiges. Im Blick auf die das Thal von Hérens in den Penninischen Alpen umgebenden Höhen überrascht uns die Wiederkehr des Matterhorntypus in abgeschwächter Form: Bergzähne, die auf den scharfen Graten wie Türme aus dem hohen, steilen First eines Gotteshauses herauswachsen.

Es sind wesentlich zwei große Gruppen von Gesteinen, die überall, wo sie vorherrschend das Gebirge aufbauen, seinen Formen einen besonderen Stempel aufprägen: die kristallinischen Gesteine und die Kalksteine. Viele Hochgipfel der Alpen, des Himalaya, der Felsengebirge von Nordamerika bestehen aus Granit. Aber nächsthöhere Gipfel sind in den verschiedensten Gebirgen aus geschichteten Gesteinen aufgebaut. Beide können gleich kühne Berggestalten erzeugen. So ist das Matterhorn aus kristallinischen Gesteinen aufgebaut, während in den gleich kühngegipfelten Kalkalpen der magnesiareiche Kalk vorwiegt, den man Dolomit nennt. Aber es geht doch ein besonderer Grundzug durch jede der beiden Gruppen. Versetzen wir uns auf einen Punkt, wo wir auf der einen Seite Kalkalpen (s. die Abbildung, S. 650), auf der anderen Urgesteinsalpen überblicken, so sehen wir dort mehr Mauern, hier mehr


Karwendel und Wettersteingebirge, von München aus gesehen. Nach Wilhelm von Bezold. Vgl. Text, S. 649.

Pyramiden, Kegel (vgl. die Abbildung, S. 673), Gewölbe und Türme. Wohl kann der Kalk, besonders als Dolomit, gewaltige, kühn geformte Höhen erzeugen, aber diese Höhen sind gern auf mauerartige Kämme oder Grate aufgesetzt. Oder es ist eine solche Kalkmauer in Klippen zerfallen, welche durch senkrecht einschneidende Klüfte voneinander getrennt sind. Die häufige Erscheinung von paarweise oder in noch größerer Zahl nebeneinander auftretenden, den gemeinsamen Ursprung durch gleiche Formen bezeugenden Bergen in den Kalkalpen (Drei Zinnen, Geislerspitze, Schlern) führt auf die Zertrümmerung einer Kalkmauer zurück, deren stehengebliebene Reste nun die Berge sind. Gleichlaufende Mauern schließen dann Hochthäler ein. Was beim Anblick des inneren Kopaonik im serbischen Grenzgebirge die Erinnerung an die Umrandung eines riesigen Kraters hervorruft, ist die Abschließung einer mit reichlichem Schutt bedeckten Spalte zwischen Parallelzügen durch die Bergpyramide des Jedovnik. Im ganzen ist eine größere Abwechslung der Formen den Dolomit- und Kalkgebirgen, eine imposantere Einheitlichkeit und Massigkeit den kristallinischen Gebirgen eigen.

Wenn wir die **Bergformen in alten und neuen Gebirgen** vergleichen, gilt die Regel: je jünger ein Gebirge, desto deutlicher trägt es die Spuren seines inneren Baues auch in seiner Physiognomie. Wo eine mächtige Fächerfalte (s. oben, S. 227) den höchsten Gipfel eines jungen Hochgebirges bildet, tritt in der Einförmigkeit eines Mittelgebirges nur noch ein Quarzriff als Pfahl, eine härtere Granitvarietät als blocküberſäete Kuppe hervor. Je älter ein Gebirge ist, desto mehr haben die dauernd und ungemindert einwirkenden Kräfte der Atmosphäre und des Wassers an der Zerstörung jener Formen gearbeitet, die man als jugendliche bezeichnen könnte. Da diese Kräfte überall auf der Erde wesentlich dieselben sind, folgt, daß überall ältere Gebirge einander ähnlich geworden sind. Die Physiognomie der lange vor den Alpen, größtenteils schon zur Zeit der paläozoischen Periode

der Erdgeschichte gehobenen Gebirge nördlich der Alpen: des Schwarzwaldes, der Vogesen, des Thüringer Waldes, des Fichtelgebirges, des Harzes, des Erzgebirges, ist deshalb, ungeachtet der Verschiedenheiten des inneren Baues, wesentlich übereinstimmend. Umgekehrt finden wir in den



Der Uschba in Swanetien, mittlerer Kaukasus. Nach Photographie von V. Sella. Vgl. Text hier und S. 653.

Alpen, ungeachtet der wesentlich gleichen Entstehung und daraus folgenden Übereinstimmung des inneren Baues, doch große Unterschiede des äußeren Ansehens, welche die Zeit noch nicht ausgeglichen hat. Dieselben treten noch deutlicher und imposanter in dem wegen seiner größeren Höhe und Zusammengedrängtheit tiefer zerklüfteten Kaukasus hervor (s. die obenstehende Abbildung). Dagegen zeigen auch viele hohe Berge im Hochland Skandinaviens den Einfluß abtragender Kräfte in ihren rundlichen Formen (s. die Abbildung, S. 652).

Wenn wir aber in diesem Zusammenhange von Zeit reden, ist dies kein leerer Begriff, sondern Zeit bedeutet hier die Folge der unaufhörlichen Thätigkeit der Luft und des Wassers, die beide in den verschiedensten Ausdrucksweisen und -formen dem Streben der Schwerkraft auf Ausgleichung in die Hände arbeiten. Wie wir uns die Erde mit einer lückenlosen Hülle von Luft und Wasser umgeben zu denken haben, so ist auch im zeitlichen Sinne die Wirkung der Luft und des Wassers auf Berge und Gebirge lückenlos, ununterbrochen, und ihr Ziel ist unter den verschiedensten Umständen dasselbe: in langen Zeiträumen Verschiedenheiten auszugleichen.



Der Jordalsnut in Norwegen. Nach W. C. Brögger. Vgl. Text, S. 651.

Es sind ebensoviele Bergformen denkbar, wie es verschiedene zwischen einer Halbkugel und einer sehr spitzen dreiseitigen Pyramide liegende Gestalten gibt. Die Topographie lehnt sich in ihrer Benennung an die hergebrachten, volkstümlichen Unterscheidungen an, die häufig zu provinziellen Bezeichnungen greifen müssen, so sehr gehen sie ins einzelne.

Kuppenformen: Der Berg ist wie ein Kugelabschnitt mehr oder weniger flach und regelmäßig gewölbt. Er trägt dann im Deutschen Namen wie Kuppe, Koppe, z. B. Schneekoppe, Belchen, im Französischen Dôme und Ballon: Dom bei Zermatt, Ballon d'Alsace. Die Gestalt wird steiler, die Wölbung kühner, wobei auch mauerartige Abfälle vorkommen: Kopf, Kogel, Kofel: Ankogel in den Tauern, Langkofel bei Gröden, der oben abgebildete Jordalsnut. Diese Form tritt halbiert auf als Half Dome in der Sierra Nevada von Kalifornien (vgl. die Tafel „Das Yosemitethal" bei S. 240), flacher im Hohen Ifen, in der Dent de Vaulion, wobei die Schalen des Gewölbes manchmal als Bergstufen hervortreten.

Turmformen: Der obere Teil spitzt sich dachförmig zu, während der untere massig bleibt. Auf solche Formen beziehen sich die französischen Namen mit Tour und die deutschen mit Zinne: die Zinne bei Kronstadt, Tour de Mayen, Tour de Famelon, wobei besonders durch den schiefen Gratabfall Gipfelschneiden und Schultergipfel gebildet werden. Auch die Jungfrau und der Gran Sasso (s. die Abbildung, S. 647) gehören zu diesen kühnen Formen, welche die eindrucksvollsten Berge umschließen.



Das Matterhorn, von Nordosten aus.

Nach einer Originalzeichnung von E. T. Compton.

Tritt der obere Teil entschieden als besonders spitze Klippe hervor, so begegnen wir dem Namen Spitze oder Spitz: Zugspitz, Wildspitz; Karwendelspitz, im Französischen: Pic, Tête.

Kegel- und Pyramidenformen: Ziemlich gleichmäßig erhebt sich der ganze Berg von der Basis zur Spitze: Ortler, Großvenediger, Dreiherrenspitz. Die oberste Spitze tritt zahn- oder hornähnlich hervor: Horn, Spitz, Dent (Großglockner, Finsteraarhorn, Montblanc). Die rasche Verjüngung gibt dem ganzen Berge einen spitz aufstrebenden Charakter: Matterhorn (s. die beigeheftete Tafel „Das Matterhorn"), Falken, Hochvogel. Die Spitze ist schief: Hochfeiler, Speer, da sie der hervortretendste Teil eines schiefen Schichtenbaues ist. Die Spitze steigt oder, man möchte sagen, lodert in geschwungener Linie empor: Matterhorn, Uschba im Kaukasus (s. die Abbildung, S. 651), Kriwan in der Tatra.

Zusammengesetzte Gratformen: Aus breiter Unterlage, die man Stock nennt, steigen mehrere Zähne, Türme, Zinnen empor. Der Name Stock dehnt sich wohl auf den ganzen Berg aus; so spricht man vom Monte Rosastock, Uri-Rothstock, Galenstock; von einer Zusammensetzung reden Namen wie Rosengarten, Drei Zinnen.

Rückenformen: Die leichtgeschwungene Umrißlinie bildet einen Flachrücken, der als Leite, First, Schneid, Grat bezeichnet oder, mehrfach gebrochen, mit einer Säge verglichen wird (Serra, Sierra).

Plattenformen: Die horizontale Oberseite erinnert an eine Platte oder einen Tisch: Platte, Tafelberg, Mesa. Bei uns heißen solche Berge, besonders wenn sie übergrast sind und Weideflächen bilden, oft einfach Alp: Übergossene Alp, Raxalp, Schneealp.

Aus einem flachen Lande schneidet das Wasser, oft durch den Wind unterstützt, vielfach ganze Scharen von kegelförmigen Bergen mit flacher Kuppe heraus. Diese **Tafelberge** sind dann, je nach dem Material, im einzelnen verschieden. Die Tafelberge der Färöer sind Reste einer Basaltdecke, die einst über einen großen Teil des nordatlantischen Gebietes zusammenhängend ausgebreitet war; sie sind durch kurze Thäler geschieden, deren steilen Wänden die Zerklüftung des Basaltes an den Küsten entspricht, die an einzelnen Stellen 600 m tief abfallen. Solche Berge kommen auch auf den vulkanischen Aleuten vor; dort nennen sie die Bewohner Baidaren, wie ihre Kähne, denn sie entsprechen im Umriß einem ans Land gezogenen und umgestürzten Kahn. In dem Gebiete des zerklüfteten Wüstensandsteins ragt aus dem Sande der obere Teil des Tafelberges burg- oder mauerartig hervor: in der Wüstensprache „Zeugen". Dieselben Formen, oben manchmal mehr abgerundet, tragen in Südafrika den Namen Kopjes; „Köpfe" nennen sie die Deutschen in Südwestafrika. Aus den alten geschichteten Gesteinen der Iberischen Halbinsel sind die plumpen, oben flachen Berge und Höhenzüge herausgeschnitten, die der Spanier Muelas, Backenzähne, nennt; sie sind besonders am Ostrande des iberischen Hochlandes häufig. Bleibt aber die wagerechte Linie der Tafel des Tafelberges auf lange Erstreckungen dieselbe, so entsteht auch hier der Tisch, die eigentliche **Mesa**, deren Name neuerdings in der Geographie gleichbedeutend mit Tafelberg verwendet wird.

Hohlräume und Auflagerungen.

Einer allgemeinen Betrachtung stellt sich jeder Berg als eine Vereinigung von **Wölbungen** und **Höhlungen** der verschiedensten Form, Größe und Tiefe dar, eine Folge des Zuges zum Stufenaufbau, der durch alle Gebirge geht. Die tieferen Stufen bilden die Ablagerungsstätten für den Schutt der höheren. Wie nun diese Ablagerungen angeordnet sind und wie sie sich in der Größe verhalten, ist sehr wichtig zu wissen. Es liegt auf der Hand, daß bei allen einschlägigen Fragen das Gewicht auf die Höhlungen zu legen ist. Seien sie flache Becken oder tiefe Schluchten, immer sind sie die Erosionsbahnen, in denen Wasser in flüssiger und fester Form sich bewegt, und mit dem Wasser die Masse des Berges, die allmählich in diesen Bahnen sich in derselben Richtung verlagert, in der das Wasser geht, d. h. nach außen und unten. Wir haben die wichtigsten dieser Hohlräume bei der Betrachtung der Thäler kennen gelernt: die vielgestaltigen Thalrinnen mit ihren in die Bergformen so tief eingreifenden Abschlüssen, den Kahren. Andere wird uns die Betrachtung der Seen zeigen. Kleinere Höhlungen und Vertiefungen, die in kein Thalsystem noch einbezogen sind, bleiben zu erwähnen. Nicht wenige Gipfel tragen runde, wannenartige Einsenkungen, die offenbar der stärkeren Zersetzung des

Gipfelgesteins ihr Dasein verdanken. Bald sind es trockene, weil an einer Seite offene Aushöhlungen, in denen der Bergsteiger an windigen Tagen Schutz findet, bald sind es rings abgeschlossene Becken, die einen kleinen See oder Tümpel bergen. Wer z. B. den durch seine schöne Aussicht in die Dolomiten berühmten runden, begrasten Plossebühl bei Brixen besteigt, findet dort eine kleine Einsenkung, die zeitweilig einen kleinen See enthält. Daß man einen solchen Gipfel einst mit vulkanischen Kratern verglich, kann nicht wundernehmen; denn was hätte man im vulkanischen Zeitalter, von dem Wunsche beseelt, den vulkanischen Ursprung jedes einzelnen Berges zu sichern, nicht so gedeutet? Zahllos sind kleine Anbrüche der Bergkörper, denen wie blutenden Wunden frischer Schutt entquillt, und die einst zu Schluchten und Schuttmuhren sich entwickeln werden, wenn es nicht gelingt, dem einreißenden Zerfall durch Anpflanzungen und Verbauungen zu steuern.

Berge, welche über jene Höhe hinausreichen, die man als Firngrenze zu bezeichnen hat, weil der in Firn umgewandelte Schnee jenseits derselben nicht mehr schmilzt, empfangen durch den Schnee, den Firn und das Gletschereis, sowie durch die von diesen Anhäufungen gefrorenen Wassers in eigentümlichen Formen abgelagerten Schuttmassen An- und Auflagerungen, die noch viel mehr als Schutt, Seen, Vegetationsdecken zur Umgestaltung des gesamten Gebirges beitragen. An dieser Stelle betrachten wir diese Zusätze als Veränderungen der Bergform, welche zunächst die Vertiefungen ausfüllen, dann aber in höheren, kühleren Lagen auf die Bergflanken heraustreten und endlich wie mit weißen, leuchtenden Gewändern ganze Berge und Kämme einhüllen. Wo sie in so großen Massen erscheinen, geben sie dann unfehlbar auch Gletschern Ursprung, welche aus den Firnfeldern wie Eiszapfen von riesiger Größe herabziehen oder geradezu herabhängen und endlich die Thäler mit gewaltigen Eisströmen erfüllen. Mag auch die Bergform in ihren Grundlinien dieselbe bleiben, so bringt doch diese kalte Hülle manches an ihren Steinkern heran, was ihm ursprünglich fremd war. Und daß die Höhe der firnbedeckten Kämme und Gipfel veränderlich sein muß, liegt auf der Hand. Es ist möglich, daß Differenzen der Messung des Montblancgipfels (4807 nach den neuesten italienischen Bestimmungen, 4810 nach den französischen) zum Teil darauf zurückzuführen sind. Die ganze Kombination von Berg, Schnee, Firn und Eis steht zwar unter dem Gesetze, daß diese letzteren zunächst immer die tieferen Stellen am Berge ausfüllen, aber sie erscheinen in den höchsten Teilen auch als Auflagerungen, als welche sie Firnschneiden und Schneegipfel bilden, also nicht bloß ausebnend, sondern auch neubildend wirken.

Es ist ein Grundunterschied zwischen einem Gebirge, das in seiner ganzen Ausdehnung von fließendem Wasser überronnen wird, und einem Gebirge, das zum Teil oder ganz firn- und eisverhüllt steht. Dort werden wir die geneigten Flächen des abrinnenden Wassers von den obersten Regenrissen bis zu den tiefen Thaleinschnitten des unteren Randes finden: das Gefälle beherrscht den ganzen Bau; hier dagegen gehen wir in Höhen von ein paar tausend Metern auf welligen Ebenen, in deren muldenförmigen Vertiefungen Firn ohne Abfluß liegt. Auch ist dafür nicht bloß der heutige klimatische Zustand entscheidend. Die Alpen sind heute oberhalb 3000 m durchaus ein verfirntes Gebirge, aber unter ihrer Firndecke tragen sie die Reste eines Thalnetzes, das sie in einer Zeit milderen Klimas vom Gipfel bis zum Fuße gegliedert hat; nur ist heute Firnscheide, was damals Wasserscheide war, und der Boden, auf dem früher alle Bäche eines großen Zirkusthales zusammenrannen, liegt heute unter einem einförmigen Firnfeld. Indem aber alle Firne und Gletscher in zusammenhängenden, hinabziehenden Thälern liegen, bezeugen sie, daß sie sich in ein altes, fertiges Thalsystem hineingelegt haben.

Ich schweige jetzt von der sehr großen Wirkung, welche die weißen oder im Aufriß bläulich- und grünlichweißen Einhüllungen der Berge auf unser Schönheitsgefühl üben; sind sie doch oft ein wahrer Schmuck der Gebirge. Ich möchte aber noch an eine häufig übersehene Funktion des Schnees oder Firnes im Gebirge erinnern: in die Vertiefungen sich einlagernd, läßt der Schnee, so lange er in mäßigen Mengen auftritt, manche Eigentümlichkeiten des Gebirgsbaues erst erkennen, die man sonst übersieht; manche Spalte und Kluft wird uns von untenher erst sichtbar, wenn Neuschnee sie ausfüllt und ihr weiße Lichter aufsetzt. Jeder Berg hat seine bestimmte Art der Schneelagerung, die ihm vermöge seines Baues so und nicht anders zukommt, und in der sein Bau sich spiegelt.

Kettengebirge und Massengebirge.

Die meisten Gebirge bestehen aus aneinandergereihten oder ineinandergedrängten Falten. Diese Falten folgen niemals einfach hintereinander, sondern sie reihen sich in dichten oder lockeren Gruppen auf, oder folgen in schräger Reihe hintereinander. Daraus entsteht eine unregelmäßige Kette von Falten, die man Gebirgskette nennt. Kette bedeutet hier also nicht bloß einfache Aneinanderreihung, sondern überhaupt Folge und Zusammenfügung in der Längsrichtung; sie spricht außerdem auch das Vorhandensein eines Fadens geschichtlichen Zusammenhanges aus, an den die Gebirgsglieder gereiht sind. Der gemeinsame Sockel, aus dem alle Gebirgsglieder herauswachsen, gibt der Gebirgskette den greifbaren Zusammenhang; wie in der gemeinsamen Geschichte die ideale Einheit des Gebirges liegt.

Wenn man auch die Länge der Gebirge nicht unterschätzen darf, weder in entwickelungsgeschichtlicher Betrachtung, noch bei Erwägung ihrer Wirkungen, so würde uns doch heute eine Klassifikation der Gebirge nach der Länge, wie sie Berghaus noch 1843 gab, nach Abstufungen von über 1000, über 500, über 200 und unter 200 geographischen Meilen sehr unnatürlich erscheinen.

Gebirgsketten ordnen sich in derselben Art reihenweise aneinander wie ihre Bestandteile, und so entsteht das Kettengebirge. Dieser Begriff schließt die Längserstreckung in sich, und wenn wir ein recht imposantes Kettengebirge nennen wollen, beschwören wir die Kordilleren herauf, die den Westen der Neuen Welt in mehr als 15,000 km durchziehen. Aber nicht die Länge entscheidet darüber, ob wir ein Ketten- oder ein Massengebirge vor uns haben, wenn auch die Wiederholung der Faltenbildungen in einer Richtung den Faltengebirgen immer einen vorwaltenden Längszug aufprägt; es muß noch etwas anderes solchem Gebirge eigen sein, denn auch die skandinavischen Gebirge, Schwarzwald, Vogesen, die doch als Typen der Massengebirge angesprochen werden, sind viel länger als breit. Zu einer Kette gehören auch Kettenglieder, und diese sind entweder Falten, wie im Jura und im Apennin, oder Zentralmassen (s. oben, S. 232), wie in den Alpen: in ein- oder mehrfacher Reihe neben- oder hintereinander aufsteigende Gebirge, jedes ein Bau für sich, viele auch dem Alter nach weit verschieden, aber alle verbunden durch eine gemeinsame Erhebung und einen allgemeinen Bauplan des Ganzen. Solche Zentralmassen sind in jungen und stark gefalteten Gebirgen am schärfsten herausgebildet, fehlen aber auch nicht in den alten Faltengebirgen, die größtenteils abgetragen sind. Im Harz sind Brocken, Rammberg und Ockerthal drei Granitkerne, die in hercynischer Richtung (s. oben, S. 253 u. 283 u. f.) aufeinanderfolgen. Der Brocken ist aber für sich in rheinischer Richtung gestellt.

Der Ausdruck „Gebirgsketten" fordert zur Kritik heraus wegen der Unklarheit seines Inhaltes und der Vielartigkeit seines Sinnes. Jura wie Alpen nennt man Kettengebirge, man hebt aber dabei ausdrücklich hervor, daß der Jura aus zahlreichen einzelnen deutlichen Gebirgsketten bestehe, während in den Alpen keine Kette zur Entwickelung komme. C. F. Naumann sagt: „Die Alpen sind nicht nur kein

System von Parallelketten, es lassen sich in ihnen überhaupt Gebirgsketten von einiger Ausdehnung nur schwer nachweisen." Man müßte hier statt Gebirgsketten setzen: Gebirgsfalten, dann würde der ganze Unterschied sich als hinfällig erweisen. Denn Jura und Alpen sind Anhäufungen von Falten in verschiedener Anordnung. Beide Gebirge sind Kettengebirge, der Jura aus Falten, die Alpen aus Gebirgsketten zusammengesetzt, deren Glieder einzelne Falten oder Vereinigungen von Falten sind.

Die Längsgliederung der Gebirge liegt in der Aneinanderreihung und Aufeinanderfolge gleichgerichteter Falten von verschiedenem Alter und unterschiedlicher Höhe (vgl. in dem Abschnitt über die Thalbildung das über die Längsthäler Gesagte) und in der Verstärkung der thalbildenden Arbeit der fließenden Gewässer, die aus den Querthälern in die Längsthäler zusammenrinnen; bei älteren Gebirgen kommen noch stufenförmige Abbrüche hinzu. Mit der Ungleichheit der Längsglieder hängen merkwürdige Wasserscheidenverhältnisse zusammen, die im Apennin die Quellen des Tiber bis 50 km an das Adriatische Meer heranrücken. Diese Längsgliederung wird verschärft durch den Unterschied der Gesteine in den verschiedenen Längszonen des Gebirges. Besonders häufig ist die Zusammensetzung aus einem zentralen Zug älterer Gesteine und zwei ihn seitlich begleitenden Zügen jüngerer Gesteine. Dieser alpine Typus kommt auch in den Pyrenäen, in den Karpathen, im Kaukasus vor. Auch in unseren Mittelgebirgen begleiten äußere Züge aus jüngeren Gesteinen einen inneren Zentralzug. Dem Granitkamm des Riesengebirges zur Seite erheben sich die niedrigeren Kämme seines Schiefermantels. Ebenso ragen dem Kern des Harzes die Köpfe von gleichsam zurückgesunkenen Sedimentärschichten entgegen, und wie dort zwischen beiden die oberste Elbe, so fließt hier im Längsthal die Bode. Eine Längsgliederung in großem Stile entsteht, wenn Gebirge von ganz verschiedenem Alter längsweise nebeneinander zu liegen kommen; so ist das westliche Faltengebirge das jüngste Griechenlands, es ist auch das einfachste und gibt ganz Westgriechenland seinen einfachen Bau. Endlich gibt es auch Reihen von Einbrüchen in Verbindung mit Längsverwerfungen, die z. B. im Inneren des andalusischen Faltenlandes längsgliedernd wirken, indem sie eine Längsfurche unabhängig von der Wasserwirkung erzeugen.

Parallel oder annähernd parallel nebeneinander gestellte Kämme, die paarweise Längsthäler einschließen, bauen Rostgebirge auf, für die der Ausdruck „Berggitter", den A. v. Humboldt von den vielen schmalen Höhenzügen zwischen Himalaya und Küenlün gebraucht, vielleicht wieder aufzunehmen wäre. Der schweizerische und französische Jura ist ihr klassisches Muster, auch was die dadurch gegebenen hydrographischen Verhältnisse betrifft.

Der mittlere Apennin zeigt dieselbe Zusammensetzung aus kurzen Längsketten, die aber durch Querriegel verbunden sind; das prägt vom Lavagno bis zum Volturno allen westlichen Abflüssen denselben Charakter auf: Längsthal im Apennin, dann Durchbruch im Querthal. Besonders Arno, Tiber, Liri-Garigliano, Volturno sind so gebaut. Rostartige Gebirgsbauten in großem Stil zeigen die Kordilleren Nord- und Südamerikas. Zwischen dem 33. und 35.° südl. Breite bestehen die Kordilleren aus 12 bis 15 parallelen, einander ziemlich gleichwertigen Falten, über welche gewaltige Massen vulkanischer Gesteine ausgeschüttet sind, an deren Ausebnung und Umlagerung das Eis der Eiszeit gearbeitet hat.

In größeren Kettengebirgen sind immer Zonen verschiedenen Baues zu unterscheiden, die eine Quergliederung nach großen Abschnitten bewirken. Wer die Alpen auf einer kleinen Übersichtskarte betrachtet, kann ein einheitlich gebautes Gebirge in ihnen zu sehen vermeinen. Wer aber näher zusieht, erkennt einen Gegensatz zwischen den gedrängten West- und den breit sich entfaltenden Ostalpen, zwischen dem Mangel an Entwickelung der Südalpenzone im Westen und deren reicher Entwickelung im Osten, zwischen dem höheren Alter der ostalpinen Dolomitgebirge im Osten und dem geringeren der westlichen Kalkalpen. Es liegt in dieser Quergliederung ein Gegensatz des inneren Baues, der aber in den Unterschieden der Gipfel- und

Paßhöhen und der Breite des ganzen Gebirges auch praktisch bedeutsam wird. Die geologische Karte zeigt uns den Sedimentstreifen, der vom Bodensee bis zum Lago Maggiore die eigentliche Grenze zwischen West- und Ostalpen ist. In anderen Gebirgen ist der Unterschied viel größer. Im Nanschan schnürt eine Verengerung in der Nähe der Oasengruppe von Satschou das ganze Gebirge bis auf 40 km hart neben großen Ausbreitungen ein. Was man sonst den Kalabrischen Apennin nannte, ist ein bloß angekittetes altes Stück, dessen Bau von dem der Apenninen weit abweicht. Wie Glieder einer bunten Kette, die nur durch den Faden eines gemeinsamen Fundamentes verbunden sind, liegen die Gebirge Zentralamerikas zwischen den Kordilleren Nord- und Südamerikas. Auch sonst zeigt dieses längste Gebirgssystem der Welt merkwürdige Quergliederungen. Wir sehen hier Gebirgszonen, in deren Aufbau die vulkanischen Gesteine stärker beteiligt sind, wie im südlichen Südamerika, unterschieden von anderen, wo alte kristallinische Gesteine das Gebirge bis auf die Gipfel zusammensetzen, wie im nördlichen.

In merkwürdiger Weise greifen in den Küstengebirgen des westlichen Nordamerikas Durchbrüche quergliedernd ein. Dort wiederholt sich das große Längenthal Kaliforniens, das mit den Stromgebieten des Sacramento und San Joaquin sich im Goldnen Thore bei San Francisco gegen den Ozean öffnet, am Westfuße des Kaskadengebirges, wo in derselben Weise die Thäler des Cowlitz- und des Willametteflusses sich gegeneinander senken und ihren gemeinsamen Ausgang durch eine Lücke des Küstengebirges finden. Die Analogie setzt sich noch weiter fort. Wie nördlich des Cowlitzgebietes eine tiefe Senkung existiert, welche vom Puget Sound eingenommen wird, so sinkt auch südlich der Quellen des San Joaquin der Boden des großen Thalzuges unter das Meer hinab in dem Wüstenstriche hinter San Diego, der nur durch flache Bodenwellen vom Kalifornischen Golf geschieden ist. Und zwischen diesen beiden Endpunkten stoßen Sierra Nevada und Kaskadengebirge ungefähr unter dem 40.° nördl. Breite in einem stumpfen Winkel zusammen, der die pacifische Küste der Vereinigten Staaten von Nordamerika in einem entsprechenden Vorsprung westwärts hinaustreten läßt. Auch sonst sind mit Richtungsänderungen der Gebirgszüge starke Änderungen in der Höhengliederung verbunden. Die Westalpen biegen in die Nordostrichtung an der Stelle ihrer höchsten Erhebung in der Montblanc-Gruppe um. Wo dagegen das nordamerikanische Felsengebirge in Montana nordwestlich umbiegt und sich dem Kaskadengebirge nähert, sinken seine Gipfel, Päsie und Thalebenen im Vergleiche zu dem südlicheren Gebirgsabschnitt, dem sogenannten Felsengebirge von Colorado, bedeutend herab. Nur sehr wenige Gipfel in Montana erreichen die Höhe der von Bahnen überschrittenen Päsie Colorados (3000—3500 m), ja die Päsie Montanas (Cabottespaß, Mullanspaß, 1800 m) sind kaum höher als die Prärien am Oberlauf des Platteflusses in Colorado.

Die Hochebenen im Gebirge.

Wenn man sieht, wie die Abtragung eines Gebirges endlich immer auf die Schaffung einer **Hochebene** hinarbeitet, verschmilzt der Begriff Hochebene mit dem Begriff des Gebirgsfundamentes. In jedem Gebirge steckt eine Hochebene, es brauchen nur die Höhen abgetragen und die Tiefen ausgefüllt zu werden, um sie herauszuschälen. Quer durch ganz Mitteldeutschland oder Süddeutschland wandern wir auf einem Boden, der nirgends unter 300 m hinabsinkt. Man kann also sagen: es steckt in diesen Gebirgen ein Hochebenenkern von 300 m Höhe. Die Gebirgsbildung selbst schafft Hochebenen, indem sie ungefaltete Teile hebt oder aufwölbt (s. oben, S. 239) oder Falten zu einer Masse zusammendrängt. Daher sehen wir auch so oft Faltengebirge in Massengebirge übergehen.

Der marokkanische Atlas ist so klar gefaltet wie der Apennin; im algerisch-tunesischen Atlas haben wir es dagegen nicht mit Falten, sondern mit einer muldenförmigen Anschwellung zu thun, deren höhere Ränder hauptsächlich durch atmosphärische Erosion in Bergketten, Berggruppen und Massive zerfällt sind. Ein ähnlicher Zug findet sich in dem naheverwandten südostspanischen Gebirge, wo der nach Murcia und Alicante zu gelegene Teil des andalusischen Faltengebirges am meisten Hochebenencharakter hat. Der Umstand, daß sich in ihm dergestalt die Hochebene Innerspaniens gleichsam fortsetzt, hatte in der Entwickelung Spaniens zum geschichtlichen Boden zur Folge, daß Cartagena und Alicante die Häfen für Kastilien wurden.

Hochebenenhafte Formen stehen am Ende der Entwickelung hochgipfeliger, kühner Hochgebirge. Das sind die Formen ihres Alters. Im Laufe dieser Entwickelung werden die hervorragendsten Gipfel zuerst zerstört, ihr Material wird in die Tiefe getragen, dort abgelagert oder weitergeführt. Aber da es nicht verloren geht, gewinnt die Breite, was die Höhe verliert. Vertiefungen, seien es Thäler oder Seen, werden ausgefüllt (auf diese Art sind unsere Steinkohlenmulden entstanden), Schutthalden werden aufgebaut, während die Gipfel und Kämme zerfallen, niedriger werden. Das ganze Gebirge verliert an Höhe und Mannigfaltigkeit der Formen, es gewinnt an Breite und wird einförmiger. Seine Formen entsprechen denen, die wir im Unter- und Mittelbau der Hochgebirge finden (vgl. S. 638 und die Abbildung, S. 659). Aus dem Kettengebirge wird ein Massengebirge oder, wie Von Toll in dem Bericht über die Tscherskische Expedition von dem Gebirge zwischen Werchnje Kolymsk und Jakutsk sagt: „ein gewissermaßen ersterbendes Gebirge" mit breiten, sehr sanften Thälern, meist ohne Spur von Terrassen, von einem Rande bis zum anderen von den Armen eines Flusses erfüllt, die an der Auffüllung mit Schutt und an der Ausebnung arbeiten.

Die deutschen Mittelgebirge, deren Faltung in die Steinkohlenzeit zurückreicht, zeigen in hervorragendem Maße die eingreifende Wirksamkeit der Luft und des Wassers in langen Zeiträumen. An manchen Stellen sind Tausende von Metern Sedimentärschichten weggeräumt, und alte Gesteine liegen oft nur zu Tage, weil der Mantel weggehoben ist, der sie einst bedeckte. Durch diese Bloßlegung, dann durch Einbrüche und vulkanische Ausbrüche entsteht eine geologische Mannigfaltigkeit dieser Gebirge, die mit der Einförmigkeit ihrer Formen kontrastiert. Im französischen Zentralmassiv, das im Grunde den deutschen Mittelgebirgen entspricht, auch mit ihnen den Reichtum der vulkanischen Erscheinungen teilt, wird diese Mannigfaltigkeit noch gesteigert durch die Verkittung ihres uralten Granit- und Glimmerschieferbaues mit den Cevennen und dem viel jüngeren Kalkmassiv der Causses. In diesen alten Gebirgen haben auch Einbrüche in großem Maße umgestaltend gewirkt. Das Erzgebirge ist nur ein stehengebliebener Rest des alten Gebirges, dessen südliche Hälfte unter dem Egerthal liegt. Daher sein steiler Stufenabfall nach Böhmen hin, so verschieden von dem langsamen, welligen Absinken nach dem Norddeutschen Tieflande. Dieser Gegensatz einer steilen, stufenweise abgebrochenen Seite und einer langsam abgetragenen alten Gebirgsoberfläche kehrt oft bei Massengebirgen wieder. Den Eindruck der Vogesen beim Blick von Süden hat man deshalb ganz zutreffend mit dem einer halbgeöffneten Fallthür verglichen, deren Angel im Westen, deren emporgehobener Teil im Osten liegt. Man hat hier im Osten den höchsten, aus kristallinischen Massengesteinen, Schiefern und Grauwacke zusammengesetzten Teil des Gebirges vor sich. Die Rückseite ist der langsame Fall nach Lothringen. Dasselbe Bild, oder vielmehr das Spiegelbild, bietet der Schwarzwald: Steilabfall nach Westen, langsamer Abstieg nach Osten zur oberen Donau.

Eine noch weiter fortgeschrittene Entwickelungsstufe stellt das bis zur Hochebene abgetragene Gebirge dar, wie wir es in Kleinasien finden: altes Faltenland, Höhen abgetragen, Tiefen

ausgefüllt, Stufenabbrüche der Küsten und Einbrüche im Inneren. Sehr schön zeigt der Süden Vorderindiens, wie eine solche einförmige Abtragungshochebene neues Leben durch die Abbrüche empfing, welche die Ostseite stufenförmig gestaltet und mit zahlreichen Horsten umgeben haben.

Die Formen des alten bis zur Hochebene abgetragenen Gebirges zeigt die Iberische Halbinsel in allen Graden. Im südlichen Portugal ist das Gebirge zur Hochebene abgeschliffen, deren Oberfläche an die rheinischen Schiefergebirge erinnert, im Zentrum der Halbinsel bedecken es die Niederschläge alter Seen und bilden ebenfalls Hochebenen; die eintönige Bodengestalt der kastilischen Hochebene spiegelt hier einen einförmigen Bau aus tertiären und diluvialen Schichten wieder. Meeresabrasion, Abtragung durch fließendes Wasser und Wind arbeiteten hier zusammen. An den Rändern ist sie durch Abbrüche zerstückt, die ihr die regelmäßigen, bogenförmigen Umrisse verliehen haben. Auch gegenüber den beiden Faltengebirgen, die wie Halbinseln der „alten schicksalsreichen Scholle" (Theobald Fischer) angesetzt sind, stürzt letztere in Brüchen ab. Die Sierra Morena steht dem andalusischen Faltensystem als die steile Südkante der iberischen Scholle im Guadalquivir-Durchbruch gegenüber. Diese Sierra ist mehr mauerartiger Schichtenbau als Gebirge; auch wo ihre Physiognomie am gebirghaftesten ist, ist sie nur ein Wall mit kleinen Höhenunterschieden. Auch das östliche Randgebirge der Pyrenäenhalbinsel ist ein merkwürdiges Beispiel eines seit der Kreidezeit nur durch ungleichmäßige Abtragung umgestalteten Tafellandrandes. An ihr



Der Red Craig am Snowdon, Wales. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 658.

wie an der Sierra Morena erkennt man deutlich, wie solche Gebirge nur da gebirgshaften Anblick gewähren, wo man ihrem Steilabfall gegenübersteht. Dem von der Hochebene Kommenden machen sie hingegen nur den Eindruck unbedeutender Hügel- und Hochebenengruppen.

Die Abtragungsebene ist nicht notwendig das Ergebnis der Abtragung. Sie ist allerdings das letzte Ziel, dazwischen liegen aber Stufen, auf denen die Abtragung geradezu gebirgshafte Formen erzeugt. Je weiter nämlich ein Land abgetragen wird, um so deutlicher treten die Unterschiede seines Gesteinsbaues hervor; die weichen Gesteine werden fortgeschafft, die harten bleiben über der Oberfläche. Es gibt in der Entwickelung der Länder eine Stufe, wo sie abgezehrten Leibern gleichen, deren Knochengerüst aus der Haut hervortritt. In England fallen von Wales bis zur Nordsee die Schichten, die den Boden von England aufbauen, langsam nach Osten; sie bilden das wellig-ebene Land, wo sie aus Sandstein und Thon bestehen, dagegen die über 300 m hervorragenden Höhenzüge, wo sie aus härterem Kalkstein aufgebaut sind. In anderer Form treten die widerstandsfähigeren Granite als Mauern und Blockhaufen auf den abgetragenen Sandsteinhügeln Innerafrikas auf: ein fortgeschrittenes Stadium des Zerfalls. In der Skandinavischen Halbinsel haben wir in dem Fjordsaum der Küste und in den zackigen Lofoten das herausgearbeitete Skelettgebirge, im eigentlichen Hochland noch das Massengebirge, beide grenzlos ineinander übergehend.

Das Mittel- und Massengebirge und das Hügelland.

Durch Abtragung des Hochgebirges entsteht ein Massengebirge, das als Rest und Kern eines einstigen höheren und formenreicheren Gebirges einförmig, dafür aber breiter, massiger ist. Die größeren Erhebungen sind darin räumlich beschränkt und ragen verhältnismäßig wenig über den Kamm hervor. Mächtige Tieflandlücken greifen zwischen sie hinein, und zahlreiche einzelne Senkungen liegen in ihrer Mitte zerstreut. Von der zusammengehaltenen und zusammen- und hinaufgedrängten Kraft eines Alpengebirges ist in einem solchen breiten Mittelgebirge keine Rede mehr. Der Gegensatz der Zergliederung der deutschen Mittelgebirge zur Einheit der Alpen und Karpathen liegt nahe. Aber es ist doch eine bedeutende Thatsache, wenn wir auf einem zusammenhängenden Wall, der nirgends unter 300 m sinkt, ganz Deutschland vom Schwarzwald bis zu den Sudeten durchschreiten können, und wenn der breite Fuß dieser Massenerhebungen ein Drittel des Bodens des Reiches bedeckt. In dieser Breite des Fundamentes liegt die Einheit, mögen auch die einzelnen Gebirgsglieder weit zerstreut liegen, weit auseinanderstreben, mögen auch so manche große und kleine Brüche zwischen ihnen in die Tiefe gegangen sein.

Die ursprüngliche Faltenstruktur ist in den Massengebirgen vollkommen verwischt. Erst in den Stollen und Schächten der Bergbauten findet man ihre Spuren. Wer sieht es dem Harz an, wenn er ihn etwa vom Brocken oder sonst einer Höhe aus überblickt, daß er seinem inneren Bau nach ein Faltengebirge ist? Dort zeigt er uns nur flache Wölbungen, nichts von den scharfen Kämmen der Gebirgsfalten und den langgestreckten Thälern dazwischen. Die Thäler strahlen von den höchsten Teilen des Gebirges aus, und zwischen ihnen erheben sich Felswälle, die manchmal an Kämme erinnern, aber nicht selten sich in Einzelberge und Kuppen auflösen. Einzig nur dem höchsten Plateau, dem Klausthaler, ist im Nordwesten ein langer Höhenzug aufgesetzt, dessen Kamm sich vom Brocken aus scharf genug abhebt, der Bruchberg oder Acker; in der That ein besonderes, kleines Kettengebirge. Der interessante Blick vom Kyffhäuser auf den Harz zeigt ein typisches Plateaugebirge mit aufgesetzten Kuppen von Eruptivgesteinen.

Aber die Schichten dieses Plateaus liegen gar nicht so flach übereinander, wie es hier den Anschein hat; das ist nur eine äußerliche Einebnung durch Abtragung. In Wirklichkeit sind sie in der buntesten Verwirrung gebogen, zerbrochen und verschoben.

Betrachten wir die Einzelheiten des Baues der Mittelgebirge, so spricht sich die ausgleichende Macht der Abtragung in dem Vorwalten der runden Rückenform aus. Diese Gebirge sieht man von hohen Punkten „von Kamm zu Kamm, in langgedehnten Zügen" hinauswogen (s. die untenstehende Abbildung und die auf S. 663). Oft sind die Rücken sehr breit. Auf dem Kamm des Thüringer Waldes oder des Teutoburger Waldes kann man fahren, während man auf manchem



Der Arber im Böhmer Wald. Nach Photographie.

schneidenden Hochgebirgsgrat nicht einmal gehen kann, sondern nur rittlings ihn zu passieren vermag. Die Gipfel treten wenig über den Rücken hervor; das zeigt der Vergleich der mittleren Kamm- und Gipfelhöhen am besten (s. oben, S. 642). Oft tritt selbst der Kamm in der Breite des Gebirgswalles zurück. Ein breiter, welliger Gebirgsrücken tritt ganz selbständig im Böhmer Wald auf, wo wir nur im Hinteren Wald eine Annäherung an einen Gebirgskamm sehen. Sonst herrschen Hochflächen von 900 m Höhe vor, in die halbvermoorte Längsthäler, wie das der oberen Moldau, bis 700 m eingesenkt sind. Die Berge und Kämme hängen wenig zusammen, sind umgehbar. Daher bildet der Böhmer Wald auch durchaus keine so trennende Schranke wie der Schwarzwald oder die Vogesen. Die Gipfelformen sind sehr gleichmäßig; breite, abgerundete Kuppen wiegen vor, wenn es auch nicht ganz an markigen Berggestalten fehlt. Das sprechen schon die Namen aus, die das Volk für die Mittelgebirgsgipfel anwendet: Höhe, Berg, Bühl, Kopf, Grinde, Belchen, Ballon. Gipfel und Kämme der Mittelgebirge zeigen

in ausgedehnten Auf- und Anlagerungen von Felsschutt die Ohnmacht der Abtragung an diesen Höhen von schwachem Gefälle. Eines der wichtigsten Merkmale hat aber die Namengebung des Volkes herausgegriffen, wenn es Mittelgebirge und Hügelland einfach „Wald" nennt: Schwarzwald, Böhmer Wald. Denn es liegt in den Höhenverhältnissen, daß diese Erhebungen die Waldgrenze wenig überragen, und in ihrem Gesteinsbau, daß sie dem Waldwuchs günstig sind. Die alten Kartographen zeichneten solche Gebirge, indem sie Bäumchen dicht aneinanderdrängten; so stellte Erhard Reych im Ortelius von 1584 den Böhmer Wald auf der Karte der Oberpfalz dar. Felsenmeere, Blockgipfel (s. oben, S. 519) sind häufig. Die Thäler neigen durchaus zu flachen Muldenformen, doch kommen gelegentlich auch Klammen vor. Kahrähnliche Thalhintergründe, oft durch kleine Seen landschaftlich gehoben, deuten auf andere klimatische Zustände in vergangener Zeit, die örtliche Vergletscherungen mit sich brachten. In polnahen Ländern zeigen selbst Gipfel von mehr als 2000 m Höhe die Spuren der Eisbedeckung in rundhöckerartiger Abschleifung.


Die Bastei in der Sächsischen Schweiz: Zersetzung von Quadersandstein. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 663.

Mittelgebirge und selbst Hügelländer nehmen andere, schärfere Züge an, wo sie aus Gesteinen bestehen, die den Fortschritt der Zersetzung begünstigen. Quaderartig brechende

Sandsteine suchen immer wieder die senkrechte Linie herauszubilden, bauen Mauern, Basteien, Klippen, Säulen, wie wir es in dem Kapitel über die Erosion (S. 469) beschrieben haben. Dieselben neigen zur Bildung enger Thalspalten von cañonartigem Querschnitt. Die Sächsische Schweiz bietet im Rahmen des Hügellandes ein interessantes Beispiel der Miniaturgebirge, die auf diese Art entstehen (s. die Abbildung, S. 662). Auch im Buntsandstein und im „alten roten Sandstein" der Devonformation kommen manchmal kühne Formen zur Ausbildung. Thonige Sandsteine, wie der Keuper, neigen mehr zum Rundlichen, daher die milden Hügellandformen in unseren Keupergebieten. Kalkabsätze der alten Trias-, Jura- und Kreidemeere



Die Vorberge der Sierra Geral in Südbrasilien. Nach einer Photographie von Herrmann Meyer. Vgl. Text, S. 661.

bilden hier Platten und dort Hügelländer, beide auf massiger geschichteter Unterlage; nicht selten sind in verschiedenfarbigen Schichten so deutlich Quader auf Quader übereinandergebaut, daß der Vergleich mit dem Werke eines mit Riesenkräften schaffenden Architekten naheliegt, wobei es denn, wie in den in den Jura geschnittenen Donau- und Altmühlthälern auch nicht an Pfeilern, Gesimsen und schmalen Seitenthoren fehlt, die uns den Einblick in ein dunkles Thal eröffnen, auf dessen Grund ein grüner Samtteppich ausgebreitet ist: Ausschnitte aus dem Hochgebirge in starker Verkleinerung.

Wohl gibt es innerhalb dieses massigen Aufbaues auch noch Abweichungen. Ragt ein Gebirge über die durchschnittliche Mittelgebirgshöhe hinaus, wie das Riesengebirge, dann nehmen seine Gipfel kühnere Formen an, und die Thäler sind tiefer eingeschnitten und endigen in Kahren, die amphitheatralisch von hohen Felsen umrandet sind; in ihnen liegen in reichlichem Schutt kleine Seen und tief in den Sommer hinein Firnflecke; man nennt sie dort Gruben oder Kessel.

Fast alle Eigenschaften des Mittelgebirges kommen im Hügelland verjüngt vor, nur die von der Höhe abhängigen, wie die Waldlosigkeit der Gipfel und die Blockanhäufungen, bleiben

aus. Der einzelne Hügel ist ein kleiner Berg, und die Hügellandschaft besteht aus der Vereinigung kleiner Berge und Kämme. Aber auch im Rahmen des Hügellandes gibt es noch Unterschiede. Es genügt nicht, immer nur von Hügel- oder Wellenland zu sprechen. Am Ende der verschiedensten Entwickelungsgänge stehen das „wellige Plateau" und das „wellige Hügelland". Das sind Bodenformen, welche die allerverschiedensten Gesteine und Lagerungsweisen verhüllen. Man sollte diese Ausdrücke näher bestimmen, indem man auf ihre Entwickelung zurückgeht. Da kann man nun wie unter den Gebirgen auch unter den Hügelländern Faltenhügelländer, ausgearbeitete und aufgesetzte Hügelländer unterscheiden. In den Bereich des Hügellandes fallen flache Wölbungen, deren Entstehung bis in paläozoische Zeiten zurückreicht, auf russischem Boden; nur zum Teil sind sie eingeebnet.

Ein Hügelland von ähnlichem Alter, das in Sibirien den Ostrand des Jenisseibeckens und den Westrand desjenigen der Lena bildet, hat Krapotkin als zentralsibirisches Hochland bezeichnet; seine mittlere Höhe ist aber nur 300 m. In Nordamerika reicht die Ozarkkette, eine einzige flachdomförmige Aufwölbung von 800 km Länge, 300 km Breite und 500—600 m mittlerer Erhebung von durchaus hügelartigen Formen, die das südliche Missourigebiet und angrenzende Teile von Arkansas und dem Indianergebiet ausfüllt, an die Grenze des Mittelgebirges. Als einzige Erhebung in den Ebenen zwischen den Alleghanies und dem Felsengebirge tritt sie stärker hervor, als ihre Höhe rechtfertigt.

Die Hügelländer, in denen alte Falten stecken, sind zahlreich. Zu ihnen gehören die Reste der alten nordwesteuropäischen Gebirge des armorikanischen Systems in der Bretagne und in England. Auch unser südbaltisches Seenhügelland gehört hierher. Hoffentlich wird allmählich der unpassende Ausdruck „Seenplatte" verschwinden, der einer Zeit entstammt, wo man die Bodenformen nur obenhin unterschied. Wer wird aber selbst beim einfachen Blick etwa von Köslin aus die „Seenplatte" anders denn als ein Hügelland, und zwar ein formen- und thalreiches, auffassen? Es gibt auch Gesteine, die hügelartig verwittern, selbst da, wo sie fast wagerecht liegen. Dazu gehören die weichen, oft thonreichen Kalksteine der Kreideformation; sie bilden hügeliges Land in Lothringen und Frankreich und wellige Prärien in Texas. So haben aus wechsellagernden Kalken und Schiefern die Flüsse des Kansassystems im Verein mit der atmosphärischen Erosion ein liebliches Hügelland geschaffen.

Inselhügelländer möchte man die Hügelländer nennen, in denen die Erhebungen aus einem Mantel überdeckender Gesteine hervorragen. Es können echte, an ein Land angegliederte Inseln sein, so wie Diluvialinseln, zum Teil mit einem Kern von Tertiärablagerungen, sich als Hügel aus der Marsch erheben. Westgasten bei Norden (Ostfriesland) ist ein derartiger Hügel. Aber solche angegliederte Inselhügel schaffen noch kein eigentliches Hügelland. Dieses entsteht vielmehr, wo ein weitverbreitetes, härteres Gestein unter einem halbabgetragenen, weicheren Mantel hervortaucht. Mächtiger Lateritboden bedeckt, wie wir S. 502 gesehen haben, einen großen Teil Innerafrikas, aber zahlreiche, 50—80 m hohe Granitkuppen durchbrechen ihn. Das toskanische Insel- und Hügelland zeigt eine Anzahl zerstreuter Kuppen vortertiärer Gesteine, die aus vorwaltendem Eocän aufragen. Selbst in den Gebirgen treten manchmal Tiefengesteine inselartig zu Tage, wenn das Deckgestein abgetragen wurde, so der Granit des Erzgebirges bei Aue und Schwarzenberg aus den kristallinischen Schiefern, welche die von ihm gebildeten Eilande gleichsam umfluten. Solche Inseln muß man sich als bergartige Hervorragungen eines tiefer liegenden Massivs vorstellen; manchmal sind sie aber auch die kuppenförmig hervortretenden Enden verzweigter Gänge. So treten Basalthügel aus Tufflagern hervor.

Eines der schönsten und noch formenreichsten Hügelländer der Erde ist das tyrrhenische Vorland des Apennin, in dem Rom und Neapel liegen. Reste von niedergebrochenen inneren Falten des Apennin

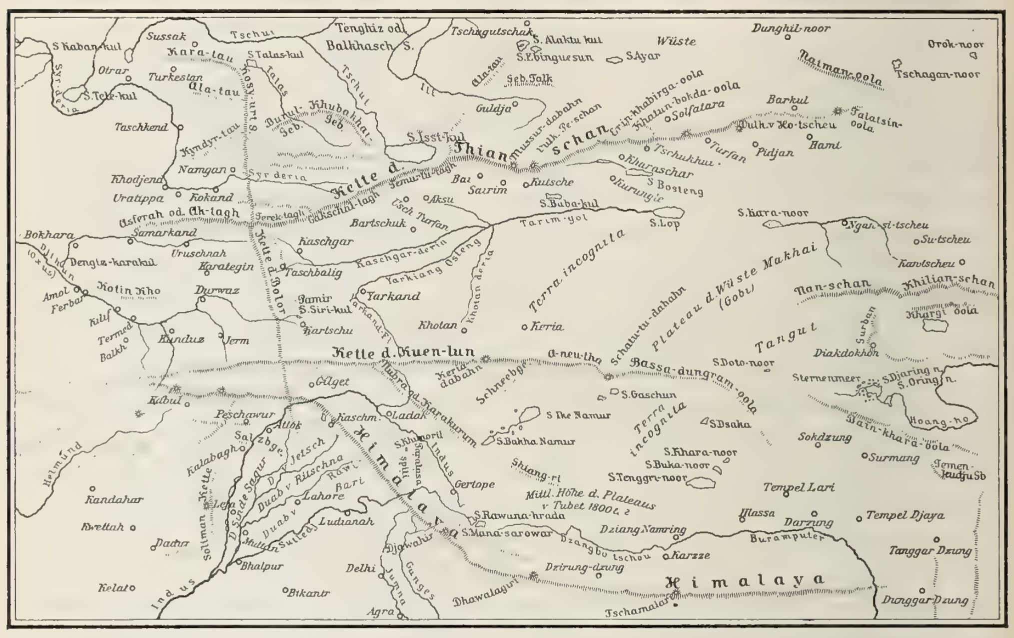
und Reste der Meeresarme, die sie einst als Inseln trennten, die jetzt aber mit spättertiären Ablagerungen gefüllt sind, endlich Vulkankegel und vulkanische Tuffe bauen dieses Land auf. In den alten Meeresarmen, die zu Thälern geworden sind, fließen die Flüsse und ruhen Seen. Seen füllen auch alte Krater aus, und mächtige Quellen bauen an Travertinmauern. Die Mannigfaltigkeit der Gebirge und Berge ist unübertrefflich. Im Norden erheben sich die Apuanischen Alpen bis 1950 m, ein steil gefaltetes Gebirge aus alten Gesteinen, zu denen auch der Marmor von Carrara gehört. In Toskana setzen drei größere und viele kleine Bruchstücke das toskanische Hochland zusammen, dessen vielgliederigen Bau der erloschene Vulkankegel des Monte Amiata überragt. Im römischen Gebiet sind die Albanerberge Reste eines einzigen alten Ringvulkans, aus dessen Rande der Monte Cavo sich über 950 m erhebt. Als Hügelland merkwürdiger Bildung nennen wir noch das Tausendgebirge Javas, Gunung Sewu, wo Tausende rundlicher Kalkhügel von 50—100 m Höhe nebeneinander in wirren Haufen aus dem Mergel herausgespült sind.

Parallelrichtungen in Gebirgen.

Die Erde ist nicht nach dem Plan eines englischen Parkes in zufällig verschlungenen Bogenlinien angelegt, sie hat vielmehr manche Ähnlichkeit mit den alten französischen Gärten, in deren Plan bestimmte Richtungen vorherrschen, die miteinander durch sternförmige Kreuzungspunkte verbunden sind, und wo starke Biegungen nur in Einzelheiten hervortreten. Das ist der Ausdruck der in der Entwickelung unserer Gebirge tief begründeten Regelmäßigkeiten in den Gebirgsrichtungen (s. oben, S. 253), deren augenfällige Beständigkeit und Wiederkehr immer wieder zu Versuchen ermutigte, geometrische Figuren aus ihnen herauszulesen. Im Altertum wurden der Taurus, der indische Kaukasus und der Imaus als Glieder einer einzigen westöstlich ziehenden Gebirgsbildung angesehen. Als sich die Kenntnis der Erde erweiterte, wuchsen auch die Gebirge zu größeren Liniensystemen, ja zu Kreisen zusammen. Kircher ließ in seinem „Mundus subterraneus“ (1678) zwei große Gebirgskreise auf der Erde sich rechtwinkelig schneiden, wobei er als der erste auch die untermeerischen Erhebungen mit heranzog. Buache schloß alle Hauptgebirge der Erde um kontinentale Hochebenen zu Strahlensystemen zusammen, deren Strahlen sich auf dem Meeresboden fortsetzen und sich miteinander verbinden; von den großen Gebirgsstrahlen gliedern sich Gebirge zweiter und dritter Ordnung ab. Gatterer kam dann wieder auf Bergmeridiane, Bergäquator und Bergparallelen zurück. Selbst Alexander von Humboldt zeigte sich noch von diesem Schema beeinflußt, als er in den innerasiatischen Gebirgen Ketten von meridionalem und latitudinarem Streichen unterschied. Es ist interessant, daß dabei sogar die 2000 Jahre alte Idee des Taurus-Imaus-Gürtels wieder lebendig wurde und eine bevorzugte Stelle in einem geographischen Grundwerk des 19. Jahrhunderts einnahm; allerdings verlängerte Humboldt diesen Gebirgsgürtel durch den Küenlün bis an den Stillen Ozean und erhielt dadurch ein System von Ketten, das an Größe nur den Anden nachstehen würde. Die Humboldtsche Zeichnung des Bolor Dagh (s. die Karte, S. 666) als eines das Himalaya-Hindukusch-System senkrecht durchkreuzenden Meridionalgebirges ist übrigens eine unmittelbare Entwickelung der Pallasschen Vorstellung von dem zentralen Tiënschan als dem großen Zentralknoten aller Gebirgssysteme Zentralasiens, von dem er Verzweigungen nach allen vier Weltgegenden glaubte annehmen zu können. Nach dem höchsten Gipfel nannte er diesen Zentralknoten Bogdo. Er sah darin „un grand assemblage de montagnes ou un plateau commun qui maîtrise toutes les chaînes en hauteur respective“. Auch den Ausdruck montagne souveraine gebrauchte er dafür.

Die junge Geologie nahm sich der Parallelrichtungen ebenfalls an. Leopold von Buch beobachtete besonders in Deutschland das Vorwalten weniger Grundrichtungen der Gebirge

und wurde, indem er sie klassifizierte, der Schöpfer von Bezeichnungen, die allgemein üblich geworden sind. Er unterschied das Nordwest-Südostsystem, später das hercynische genannt, das niederländische des rheinischen Schiefergebirges, das rheinische der oberrheinischen Gebirge und das Alpensystem. Für ihn bedeuteten diese Richtungen entsprechende Richtungen von Spalten, durch welche innere Erdkräfte feuerflüssige Massen emportrieben. Elie de Beaumont sah in den Gebirgen Lageveränderungen der Erdschichten durch plötzliche Stöße; diese gebirgsbildenden Erschütterungen haben in einer Zeit immer Gebirge von einer Richtung aufgeworfen, demnach sind „alle gleichzeitigen Erhebungen parallel“. Nach diesem Grundsatz lassen sich also Gebirgssysteme verschiedenen Alters nach ihren Richtungen unterscheiden, und da Elie de



Der Bolor Dagh und das Gebirgssystem Zentralasiens. Nach Alexander von Humboldt. Vgl. Text, S. 665.

Beaumont im Gegensatz zu L. von Buch annahm, daß die Streichungslinie der aufgerichteten Schichten mit der Richtung der Achse des Gebirges übereinstimme, mußte es solcher Unterscheidungen zahlreiche geben. E. de Beaumont selbst hat zuletzt 85 Systeme unterschieden. A. von Humboldt war von den Auffassungen dieser großen Geologen zwar beeinflußt, hat aber durch die Auseinanderlegung der orographischen Begriffe den Boden für die morphologische Auffassung der Frage vorbereitet. Wenn auch seine an Klaproths Studien über den Gebirgsbau Asiens sich anlehnende Auffassung von den asiatischen Gebirgen besonders dadurch fehlerhaft wurde, daß er sie alle zu sehr als selbständige Ketten, ohne Rücksicht auf ihre Abhängigkeit von der Gesamterhebung Innerasiens, auffaßte, so hat er doch die gesunde Induktion in ein Gebiet zurückgeführt, das ein Tummelplatz der Spekulationen geworden war. Neben ihm war auch K. Ritter bestrebt, aus der Vergleichung der Formen der Erdoberfläche zu einer echt wissenschaftlichen Auffassung der Gebirge zu gelangen. Indessen liefen Beaumonts Parallelsysteme in die Sackgasse eines Pentagonaldodekaeders zusammen, mit dessen 15 Hauptkreisen allerdings sehr wenige Gebirge zusammenfallen.

Lassen wir einmal das Streben nach großen erdumfassenden oder sogar erdgestaltenden Gebirgssystemen beiseite und beschränken uns auf die Prüfung der Gleichrichtung in engeren Gebieten. Es ist klar, daß Länder, deren Bodengestalt von verschiedenen Richtungen der Gebirgsbildung bestimmt wird, häufiger und größer sind als Länder, die von einer Richtung bestimmt werden. Deutschland ist bis in die Richtung seiner Flüsse und Wege von dem Gegensatze der Nordwest- und Nordostrichtung, der hercynischen und der rheinischen, beeinflußt. Im nördlichen Südamerika trifft eine Nordnordostrichtung mit einer westlichen zusammen,



Das Nordende der Kordillere von Alaska. Nach „Journal of the American Geographical Society of New York, 1898“. Vgl. Text, S. 668.

und zufällig sind dies auch die Grundlinien des Baues von Adamaua. Selbst Ostsibiriens Bodengestalt löst sich uns in die rechtwinkelig sich schneidenden Nordost- und Nordwestrichtungen seiner Gebirgssysteme auf. Ja, ein allgemeinerer Überblick der Bodenformen Asiens zeigt von Hinterindien bis zum Ochotskischen Meer entweder meridionale oder nordöstliche Richtungen, während wir, vom Himalaya nordwärts gehend, Richtungen im Sinne der Parallelkreise oder nordwestlichen Richtungen begegnen. Wir werden sehen, daß auch in den Brüchen und Senken die Gleichrichtungen über weite Strecken vorherrschen.

Nicht immer tritt die Gebundenheit einer Gleichrichtung an den Gesteinsbau so deutlich hervor wie in Schottland, wo die nordwestlich gerichteten parallelen Gänge von Granit und anderen

kristallinischen Gesteinen, welche die Gneisbasis der Nordwestküste durchsetzen, merkwürdige Beispiele von Parallelstruktur liefern. Ihre Richtung ist zugleich die Richtung der Fjordbildungen, besonders deutlich der Fjorde dieser Küsten und der Flüsse. Rechtwinkelig auf ihr steht die in den großen Zügen Schottlands sich ausprägende Nordostrichtung, die durch die Bloßlegung der Grenzflächen harter und weicher Gesteine entstanden ist, welche ebensoviele Leitlinien für die Thalbildung gezogen hat. Beide Richtungen führen zuletzt auf Klüfte im Erdbau zurück, die sich kreuzen wie die Fugen eines Quaderbaues. In Island ist die Erscheinung noch deutlicher ausgesprochen. Die Nordost- und Südwestrichtung der Flüsse ist dort überall klar, wo keine vulkanischen Ablagerungen störend dazwischen treten. Es ist auffallend, wie einzelne Flüsse 100 km lang fast geradlinig fließen. Indessen sind diese Flußrichtungen nur Symptome einer allgemein vorwaltenden Nordost-Südwestrichtung, wovon es besonders im Süden unzählige Beispiele in den verschiedensten Elementen der Erdoberfläche gibt: in Höhen, Thälern, Buchten, offenen Spalten (giás), Solfatarenketten. Nordwärts geht die Richtung in eine nordsüdliche, endlich zum Teil in eine nordnordwestliche über. Indem wir sie verfolgen, gewinnen wir hier den Eindruck, daß die Radien der Bogenlinien kürzer geworden sind, und daß sie wie von einem Mittelpunkt ausstrahlen, um den die Kurven gezogen sind. Johnston-Lavis vergleicht sie mit den parallelen Gängen vulkanischer Gesteine in Schottland und führt ihren Einfluß auf die Hydrographie auf die Bildung von widerstandskräftigeren Linien durch die bloßgelegten dichteren Gesteine zurück. Wenn eine Richtung auf längere Strecken festgehalten war, tritt oft ein Auseinandergehen der Gebirgszüge zugleich mit einer Erniedrigung ein, wie man es in den Ostalpen und noch deutlicher in den Westgebirgen Nordamerikas sieht (s. die Karte, S. 667).

Wo entgegengesetzte Richtungen auf engem Raume zusammentreffen, entstehen Winkel, Kreuzungen und ganze Strahlensysteme. Der Pamir zeigt dies im großen, das Fichtelgebirge im kleinen. In dem kleinen Harz hat man es mit beiden Richtungen zu thun; zuerst ist dieses Gebirge in rheinischer, später in hercynischer Richtung gefaltet worden. Ähnlich scheint es in Ostthüringen und im Fichtelgebirge zu sein. Ja, in dem Winkel zwischen Frankenwald und Erzgebirge treffen wir auf einen Gebirgsbau, der dem des Harzes ähnelt, aber die Richtung ist die hercynische.

Soviel auch von den Richtungen der Gebirge im ganzen und ihrer einzelnen Teile die Rede war, so wenig genau ist es mit ihrer Bestimmung bisher genommen worden. Man begnügt sich, auf tektonischen Karten die Streichungsrichtungen, Faltenbrüche im allgemeinen einzutragen. Und doch ist von einer genauen Ausmessung der Zahl, Länge und Richtung der Kammlinien eines Gebirges mehr Einsicht in die Natur eines Gebirges zu erwarten, als von all den Versuchen, die Höhenverhältnisse in Zahlenwerte zu bannen. Vor allem steht die Zahl, Länge und Richtung der Kämme in einer engen Beziehung zur Entstehung des Gebirges. Mag in unseren alten Mittelgebirgen auch keine Kammlinie unmittelbar von der gebirgsfaltenden Kraft geschaffen, sondern immer ein Erzeugnis der Erosion sein, so zeigt doch die Anordnung der Kammlinien in bestimmten Richtungen, wie sehr die Erosion abhängig ist von der erdgeschichtlich bedingten inneren Beschaffenheit des Gebirges.

Gebirgsknoten und Gebirgszusammenhänge.

Den Verbindungsgliedern gebührt in einem Gebirgsbau, der so vielfach ineinander verschlungen ist und so wenig ganz streng individualisierte Züge aufweist, eine besondere Betrachtung. Ziehen die Höhen auch in noch so weit auseinandergehenden Richtungen, so müssen sie sich doch einmal an bestimmter Stelle schneiden oder aufeinander treffen, und es werden dadurch Höhenpunkte von besonderer Wichtigkeit entstehen. Der einfachste Fall ist die Vereinigung zweier Gebirgszüge in einem Querjoch, das zur Wasserscheide und zum Durchgangsgebiet berufen ist. Der Arlberg nimmt eine solche Stelle in den Alpen ein; in größerem Stile ist das Querjoch in dem den Atlas und Antiatlas verbindenden Zuge ausgebildet, der die Wasserscheide zwischen Wadi Dráa und Wadi Sûs trägt. Treten mehr als zwei Gebirgszüge zusammen, so entstehen gebirgsumrandete Hochländer, die mit allen Merkmalen von Hochebenen in jedem Faltengebirge auftreten: z. B. Daghestan, das zwischen zwei Hauptketten und zwei bogenförmigen Ausläufern des Kaukasus eingeschlossen ist.



DER ÖSTLICHE PAMIR.

Nach Aquarell von *E. Chapman.*

Weiter entstehen Gebirgsknoten (vgl. oben, S. 235). Natürlich tritt uns hier das Fichtelgebirge zuerst entgegen, auf dessen an sich unbedeutende Erhebung Böhmer Wald, Erzgebirge und Thüringer Wald hinstreben, als ob sie hier einen gemeinsamen Stützpunkt suchen wollten. Früher sah man in einer solchen zentralen Lage wohl den Ausdruck eines Auseinanderstrebens und war geneigt, den Gebirgsknoten als Ausstrahlungspunkt gebirgsbildender Kräfte aufzufassen. Die Erdgeschichte weist aber den Gebirgsknoten keine so hohe Stellung an, da sie Fälle kennt, wo der Gebirgsknoten nur die Folge der Aneinanderscharung (s. oben, S. 236 und die Abbildung daselbst) und des Zusammenwachsens verschiedener Gebirgssysteme ist. Der 2925 m hohe Rila Dagh, das höchste Gebirge der Balkanhalbinsel, erinnert in seiner Lage an das Fichtelgebirge; aber er bezeichnet nur die Stelle, wo Gebirgsketten des dinarischen Systems, das die westliche Balkanhalbinsel beherrscht, mit solchen zusammenwachsen, die den Bau der östlichen Balkanhalbinsel bestimmen. Den größten Gebirgsknoten der Erde bilden die Pamir in Zentralasien (s. die beigeheftete Tafel „Der östliche Pamir"). Die größten Gebirge Asiens: Himalaya, Karakorum, Küenlün, Tiënschan und Hindukusch, drängen hier an die Massenerhebung der Pamir heran und verwachsen zu dem im Durchschnitt 3800 m hohen „Dach der Welt", das, selbst ein Faltengebirge mit hochebenenhaft breiten Muldenthälern, wie ein Südwestpfeiler des Hochlandes von Zentralasien sich auf einer Basis von 90,000 qkm erhebt, zugleich Brücke zwischen den Hochländern von Zentralasien und Iran, Schranke zwischen Turkestan und Indien, Wasserscheide zwischen Oxus, Tarim und Indus. Unabhängig von der erdgeschichtlichen Bedeutung wird solchen Grenzgebilden immer eine wichtige Stelle als Grenz- und Übergangspunkte einzuräumen sein. Besonders starke hydrographische und verkehrsgeographische Wirkungen gehen von ihnen aus. Gerade auf den hydrographischen Wirkungen beruht ja auch in der Geographie von Deutschland die wichtige Stellung des Fichtelgebirges, das nach vier Richtungen Main, Saale, Eger und Nab aussendet.

Nicht eine eigentliche Verwachsung, sondern mehr nur eine Nebeneinanderlage verschiedener Richtungen zeigen Zwischenglieder größerer Gebirgssysteme, so das Vogtland, wo die hercynische und erzgebirgische Richtung nebeneinander vorkommen. Werden die Richtungen von gebirgsbildenden Kräften bewirkt, die einen entschiedenen Einfluß auf die Bodengestalt ausüben, so entsteht der größte Reichtum an Bodenformen und natürlich abgegrenzten Gebieten.

Der reichen Gliederung der Umrisse des Peloponnes entspricht die Vielgestaltigkeit des inneren Baues. „Das Land erfüllen Bergzüge von verschiedener Richtung und von den abwechselungsreichsten Höhen und Formen, bald in echt alpinen Zinnen und Zacken aufragend, bald in anmutigen Hügelländern sich verflachend, dazwischen scharf abgesetzte tiefe Einsenkungen und wirr verlaufende Erosionsthäler. Nur wenig Raum ist für fruchtbare Schwemmlandsebenen." (Philippson.) So groß ist in diesem reich entwickelten Gebiete die Zahl der geographisch und dadurch zum Teil auch geschichtlich wichtigen Unterabteilungen, daß dem, der sie durchwandert, das Gefühl der räumlichen Kleinheit der Halbinsel fern bleibt.

Verbindungen, Annäherungen, die mehr sind als äußerliche Nebeneinanderlagerungen, finden wir in Gebirgssystemen von verwandtem Ursprung (s. oben, S. 235). Man hat lange von der räumlichen Zusammengehörigkeit der Alpen, des Apennin, des Jura und der Karpathen gesprochen. Schon lange vor Sueß hat Gümbel die Apenninen, Dinarischen Alpen und Karpathen mit dem Jura und den Alpen zum „alpinischen Gebirgssystem" zusammengefaßt. Aber erst Sueß hat die tiefere Stammverwandtschaft dieser Gebirge mit dem ungarischen Mittelgebirge, den nordafrikanischen Gebirgen, der bätischen Kordillere und den Pyrenäen nachgewiesen und später ihre östlichen Fortsetzungen über Südosteuropa und Kleinasien nach Süd- und Innerasien gezeigt. Er stellte dabei das genetische Motiv in den Vordergrund.

Dieses große Gebirgssystem ist natürlich etwas ganz anderes als das in seiner Art ebenso berechtigte Alpengebiet im Sinne Sonklars, d. h. das Alpenland, das den Raum zwischen Rhone, Saône und Aar, Rhein, Donau, Save, Kulpa, Adria, Po, Tanaro und Mittelmeer als ein Gebiet alpiner Gebirgsbildungen und Wirkungen einnimmt.

Wenn wir die Entwickelung der Formen der Erdoberfläche betrachten, steht uns überhaupt kein Gebirge ganz allein auf der Erde, selbst da nicht, wo es durch tiefe Brüche ringsum als Gebirgsinsel abgegrenzt erscheint. Könnte ein Glied eines Gebirges isolierter sein als der zwischen tiefen Einsenkungen aufsteigende 90 km lange Granitstock der Tatra? Ein Blick auf die Karte zeigt jedoch, daß sie nur ein lockreres Kettenglied der Karpathen ist. Wir begegnen Trümmern und Ausläufern nah oder fern. Die Betrachtung der Gebirge geht immer zusammenfassender vor. Einst konnte man die Gebirge Korsikas als eine Schöpfung für sich auffassen, aber bald erwies sich Sardinien als ein Bruchstück von demselben Gebirge, und es kamen die alten Schollenbruchstücke Kalabriens und Siziliens, der toskanischen Inseln und endlich des toskanischen Hügellandes hinzu. Der Ural ist eines der selbständigsten Gebirge der Erde, aber doch zweigen im Norden Paichoi, die Gebirge von Nowaja Semlja und die Höhen der Samojedenhalbinsel ab, dazu im Süden Obtschei Syrt. Der Kaukasus ist im Norden rein abgeschnitten, aber wer möchte die Grenze gegen das Armenische Hochland bestimmen? Außerdem scheint das Taurische Küstengebirge ein Verbindungsglied zwischen Kaukasus und Balkan zu bilden, und die Richtung des Kaukasus kehrt bis auf Winkelgrade im westlichen Elburs wieder.

---

5. Die landschaftliche Bedeutung der Bodenformen.

Inhalt: Der Berg in der Landschaft. — Fernblicke und Vergleichungen. — Das Thal in der Landschaft. — Flachlandschaften.

Der Berg in der Landschaft.

Von der Morphologie bis hinauf zur Anthropogeographie und politischen Geographie kennen die Geographen an den Bodenformen trennende und verbindende Wirkungen. Die Gebirge sind die natürlichsten Grenzen der Naturgebiete in den Festländern, und die Flachländer setzen umgekehrt die weitesten Gebiete miteinander in Verbindung. Für die Landschaftskunde ist diese Wirkung natürlich nicht ohne Belang, aber eine andere drängt sie zurück. In jeder Landschaft sind die Anhöhen, und seien sie noch so klein, entweder die natürlichen Mittelpunkte der Bilder, oder sie fassen die Bilder kulissenförmig ein, indem sie sich zu beiden Seiten erheben. Diese Aufgabe kann eine Baumgruppe oder ein Gebüsch auf einer vollkommen horizontalen Ebene ebenso leicht lösen wie ein Gebirge. Dazu kommt die wichtige Eigenschaft der Berge, daß sie als Erhebungen eine Menge von landschaftlich bedeutenden Erscheinungen mit in die Höhe nehmen. Der Wald, der einförmig in der Ebene hinzog, steigt an einem Berg oder Gebirge hinauf und sieht da oben ganz anders aus; mit ihm schauen Felder und Matten herab. Gletscher und Firnflecke künden uns ein anderes Klima von obenher an. Das Bewegliche, das gehoben ward, fließt wieder herunter: ohne Erhebung kein Wasserfall. Und nicht zuletzt steigen auch die Werke des Menschen in die Höhe, und von Bergeshöhen und Abhängen beherrschen Dome, Schlösser, Burgen, Städte und Dörfer die Welt umher.

In allen diesen Aufgaben ist der Berg der Repräsentant des Bodens überhaupt, der in der Landschaft zunächst das Feste ist und dadurch sich von dem Flüssigen abhebt. Je entschiedener

er diese Eigenschaft ausprägt, desto stärker ist sein Eindruck im Landschaftsbild. Der Fels, gegen den das Meer anbrandet, der Berg, der starr aus weichen Wolken sich aufreckt, selbst die Klippe, der Steinpfeiler, ja sogar der weiße Kieselstein auf dem Grunde des Baches, der die Wellen zwingt, aufzuwallen: sie alle machen uns denselben starken Eindruck. Der Boden, der locker ist, die Düne, der Schutt, der Thon, dann die den Übergang zum Wasser bildenden Sümpfe und Moore nehmen dagegen an dieser Eigenschaft nicht teil. Lehm und Löß können durch tiefe, steile Thalrinnen eingeschnitten, Schutt in Säulen- und Pfeilerform losgelöst und selbständig hingestellt sein, sie werden doch nie den vollen Eindruck des festen Felsgesteins machen. Das Profil eines Moränenhügelzuges kann aus der Entfernung ein kleines Gebirge vortäuschen; aus der Nähe betrachtet, ist die Moräne immer nur ein Schutthaufen.

Der große Unterschied liegt in dem Verhalten des Festen zur Schwere. Das Feste hat seine eigenen Formen, in denen es beharrt, die des Flüssigen sind immer dieselben, einerlei, welcher Stoff es sei, und schmiegen sich ihrer Umgebung an. Der Schutt aber steht dem Flüssigen näher als das Feste. Das Feste ist der Schwere endlich auch unterworfen, aber es trotzt ihr lange Zeit, bewahrt sich seine selbständigen Formen. Diesen Trotz legen wir menschlich aus und sprechen von Bergtitanen. Es bewegt uns etwas wie Mitgefühl beim Anblick des Berges. Wir empfinden es auch dort, wo kleine Massen die Träger großer Gegensätze der Bodengestaltung sind, wie in der Sächsischen Schweiz. Gerade dieses Gefühl läßt uns das Kleine in den Ausmessungen der Quadersandsteinfelsberge übersehen, das ja sonst Gefahr liefe, den Eindruck der kleinlichen Imitation zu machen. Im allgemeinen gilt freilich die Regel, je höher ein Gebirge, desto größer ist auch der Wurf seiner Gestaltung. Das folgt schon daraus, daß mit dem Wachstum in die Höhe das Fundament sich verbreitern muß, und daß damit auch die Auflagerung von Firn und Gletschern und die Gewalt des fallenden Wassers wachsen muß.

Der Berg ruht fest auf seiner Unterlage. Dies breite Aufruhen ist ein ebenso wichtiges Element seiner Größe wie sein Emporragen. Die beiden Eigenschaften ergänzen sich. In ihnen liegt das Wesen des Berges und damit auch der Kern seines landschaftlichen Eindruckes. Die älteren Landschafter stellten nur das Emporragen dar; das Große des breiten Dahingelagertseins war ihnen noch nicht aufgegangen. Viele brachten überhaupt nur die Klippen zur Darstellung, in die der Gipfel sich auflöst. Jedenfalls hängt mit diesem Mangel an Verständnis für die Größe der Basis auch die Vorliebe zusammen, mit der manche den Fuß des Berges in Wolken hüllten. Es ist ein billiges, aber allzu einfaches und leicht verbrauchtes Mittel, um einen Berg höher erscheinen zu lassen, als er in Wirklichkeit ist. In der Natur kommt das Schweben über den Wolken besonders häufig bei hohen Bergen in dem wolkenreichen Tropengürtel vor; die firnbedeckte Spitze des kühnen Pik von Orizaba erscheint den Schiffern auf dem Golfe von Mexiko oft losgelöst von der Erde schwebend in überraschender Höhe über dem Horizont; daher wird der Berg auch „la Paloma (Taube) von Mexiko" genannt. Die seltenen Fälle, wo ein Berg nicht gerade von seinem Sockel sich erhebt, sondern schräg, wie der trapezoidisch verschobene Lilienstein in der Sächsischen Schweiz (von Porschdorf her gesehen), würden den Eindruck des Aufbaues stören, wenn nicht bei einer Änderung des Standpunktes das breite Fundament dieses Quaderberges hervortauchte.

Ganz gut ist die Bemerkung von Twining: „Wenn der Fuß eines Berges sich allmählich ausbreitet, sehe ich es lieber, daß dieser sanfte Abfall ganz austönt, als daß er mit einem Absturz schließt. Denn wenn hier die Kante durch Wasser oder sonstwie abgenagt wird, so scheint es, als ob die Fundamente des Riesenbaues bedroht wären." Das ist etwas gesucht, aber bezeichnend im Gegensatze zu jener Klippenmalerei und willkürlich überhöhenden Schilderungsweise.

Wir entbehren also bei Bergen ungern des Fundamentes, denn es liegt in der Natur des Gebirgsaufbaues, breit begründet zu sein. Wenn ein großes Bauwerk, wie die Markuskirche in Venedig, unmittelbar auf den Boden hingestellt ist, nennen wir es märchenhaft und erklären diese Bauweise durch die Gewohnheit der beständig im Meereshorizont lebenden Venezianer, die Bauwerke gleichsam aus dem Wasser hervorsteigen zu sehen. Für uns fehlt aber hier wie bei den norwegischen Bergen, deren Fundamente in der Tiefe des Meeres oder der Fjorde liegen, ein Stück; letztere machen uns den Eindruck, versenkt zu sein, was ja auch der Wirklichkeit entspricht. Dieses Abschneiden der Wasserlinie bringt unsere Vorstellungen ins Schwanken. Wir meinen, ein hoher Berg, der zum Wasser abfällt, müsse mindestens ebenso hoch unter dem Wasserspiegel sein wie darüber. Wir bequemen uns schwer zu der Berichtigung, daß das niemals zutreffe. Es ist eine gewisse Enttäuschung, mit der wir erfahren, daß der Pfänder bei Bregenz nahezu dreimal höher ist über dem Bodensee als die tiefste Stelle unter ihm.

Das Wesentliche am Berge bleibt aber für den Landschafter immer die Erhebung, nicht zuerst die Erhebung über den Meeresspiegel, sondern die Erhebung über die Umgebung. Aber auch die absolute Höhe ist wichtig, weil sie den Berg in verschiedene Klimazonen hebt, die seine Erscheinung nicht unberührt lassen. Die einzelne mächtige Erhebung aus einer Gebirgsmasse wirkt ausstrahlend, besonders durch ihre Firn- und Eisströme, weithin. Sowenig wie aus der Summe der Hügel eines Hügellandes sich Berge ergeben, sowenig kann eine solche Erhebung mit einer Summe von niedrigeren Schwesterbergen hinsichtlich der Wirkungen verglichen werden. Es sind ungleiche Größen, die man nicht vergleichen kann; oder es ist vielleicht deutlicher, zu sagen: sie sind durch Unterschiede der Qualität, nicht bloß der Quantität getrennt. Die Zugspitze entwickelt einen Gletscher, die nächstniederen Berge des Wettersteingebirges thun das nicht mehr. Am Nordfuße des Hochglück liegen zwei große Firnflecke, die gletscherähnlichsten Gebilde des ganzen Karwendelgebirges; nichts ihnen Vergleichbares kommt im ganzen übrigen Gebirge vor. Sie verkünden die überragende Höhe, so wie der Gipfel des Pik von Kamerun, wenn er schneebestäubt aus den Wolken auftaucht, damit sein Hineinragen in die Höhenzone von 4000 m bezeugt; er überragt gerade den Rand der Firngrenze dieser Zone. In solchen Fällen sehen wir aus dem scheinbar nur quantitativen Höhenunterschied einen qualitativen hervorgehen.

Was aus der Ferne zu uns herschaut, das schaut herab, und wir natürlich schauen hinauf. Wir schauen hinauf in der Regel, ohne uns davon Rechenschaft zu geben, wiewohl ja ein Grund, warum wir so gern ins Gebirge hineinschauen, gerade darin liegt, daß wir dabei hinaufschauen. Das Licht und die Farben, die dort zuzeiten erscheinen, gehören einer höheren Region an, und selbst die Dinge, die herausschimmern, sind nicht die unseres Niveaus. Felsen und Gletscher haben die Stelle der Äcker, der Wiesen, des Waldes eingenommen.

Für die Bedeutung des Berges in der Landschaft hängt viel von der Art ab, wie er sich aus seiner Umgebung heraushebt, d. h. von seinem Aufbau; denn es gibt Erhebungen, die den Blick heruntergleiten lassen, und Erhebungen, die den Blick mit sich hinaufziehen. Der breite Vulkanberg, der wie aufgeschüttet sich vor uns hinlagert, ist größer durch seinen Breitendurchmesser als durch seine Höhe; indem wir ihn erblicken, sinkt unser Blick an den langen Abhängen nieder und mißt die gewaltige Breite des Fundamentes. Für den sachkundigen Blick spricht sich ja in dem breit hingelagerten Vulkan nicht die Gewalt der vulkanischen Kraft, sondern die Wirkung der letzten, leisesten Phase, des Aschenregens, aus. Nur so konnten jene schönen, sanftgeschwungenen Profillinien entstehen, die den Fudschi Yama zum Ideal der schönen Bergform für die japanischen Künstler gemacht haben (vgl. die Abbildung, S. 140).

Die Schönheit der Umrisse eines Vulkans, wie sie der Fudschi Yama bietet, ist so fesselnd, daß Milne sich rühmt, ihn von 26 Standpunkten aus photographiert zu haben. Die japanischen Maler haben ihn aber von Hunderten von verschiedenen Standpunkten und unter tausend verschiedenen Beleuchtungen, Bewölkungen und anderen äußeren Verhältnissen aufgenommen.

Der Fudschi Yama ist aber auch der heilige Berg der Japaner. Die weitverbreitete Errichtung der Anbetungsstätten auf Höhen symbolisiert den Idealismus der Gebirgslandschaft, der die Herzen nach oben führt. Die Ebene ist dieser Macht, unmittelbar zu erheben, nicht fähig. Es gibt Bergformen, die das Emporheben dem Himmel zu, wenigstens für unseren Blick, noch besser verdeutlichen. Das Matterhorn, von Norden oder Nordosten gesehen, zeigt einen gewundenen,



Der Monte d'Oro auf Korsika. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 650 und 674.

lodernden, an eine Kerzenflamme erinnernden Zug des Aufsteigens, wie er den vielgewundenen Schichten der Hochalpen in Verbindung mit den Eis- und Firnlagern öfters eigen ist.

Bei der notwendigen Beschränkung unseres Gesichtskreises bietet der Fernblick von dem Gipfel eines Berges gerade das, was der Blick von unten nicht bieten konnte: die Einsicht in die Fülle der Formen, die Größe der Massen, die Abstufungen, die Anordnung der Teile; er ermöglicht damit den Vergleich. Es liegt daher in der Natur des Gebirges als einer für unseren Gesichtskreis zu großen Naturerscheinung, daß man der Ansicht von unten und außen die Aussicht von oben zuzufügen strebt, die immer zugleich eine Einsicht ist. Die Bergbesteigung ist insofern die Vollendung der Erfassung des Gebirges. Zuerst sieht man es von außen, dann wandert man durch einen Thaleinschnitt in sein Inneres hinein, und endlich erhebt man sich auf eine beherrschende Höhe; zuerst gewinnt man eine Ansicht, die notwendig einseitig ist, dann einen Einblick und zuletzt den Überblick, der alle Seiten, das Äußere und Innere, und zugleich noch die Nachbarschaft umfaßt.

Kein Berg ist ein einfacher Kegel oder ein einfaches Prisma. Jeder große Berg ist vielmehr aus einer Anzahl von kleineren Bergen zusammengesetzt. Diese kleineren Berge erscheinen im Querschnitt als Stufen, die den Gipfel nach außen hin umlagern (s. die Abbildung, S. 673). Daher macht so mancher hohe Berg, vom Gipfel aus betrachtet, den Eindruck einer Stufenpyramide. In der Verschiedenheit der Größe, Gestalt und Farbe der Stufen und in ihrer Bekleidung mit Firn, Eis, Schutt, Matten, Wald, oder in ihrer Felsnatur liegt die Mannigfaltigkeit der Gebirgsbilder. Selbst eine so kühne, geschlossene Berggestalt wie die Jungfrau steigt mit kleinen Absätzen gleichsam stufenweise an, worin eben der ästhetische Reichtum liegt. Es spricht sich darin eine gewisse Freiheit aus, dem Organischen sich nähernd, der lineare Ausdruck des reichen Reliefs und der wechselnden Flächen, der von der Grundgestalt sich entfernt, welche an sich dem Kristallinischen sich nähert. Wir selbst, indem wir den Berg hinansteigen, empfinden in dem Wechsel von schwer und leicht zu überwindenden Abschnitten sogar körperlich diesen Stufenbau, und es gehört nicht viel vergleichende Beobachtung dazu, um eine Regel der Abstufung des Fundamentes, des Bergabhanges bis zu einem Thalschluß, des Firnbodens und endlich der klippen- oder gratartigen Gipfelregion zu ahnen.

Ein Grundgesetz aller Bodenformen ist die Vermeidung der geraden Linie. Auch jedes Profil eines Berges zeigt uns im ganzen und einzelnen das Vorwalten der Bogenlinie: der Umriß des Berges ist eine Linie, die in mannigfachen Bogen sich hebt und wieder niedersinkt, und wenn wir in die kleinen Einzelheiten eingehen, sind es immer wieder die bogenförmigen Hebungen und Senkungen, die uns entgegentreten. Die Mischung von sanft geschwungenen Profilen zu steilen Absätzen, die dann wieder in leichte Bogenlinien übergehen, schafft die schönsten Bergprofile, wie das des Monte Pellegrino bei Palermo (vgl. auch die Abbildung auf S. 673). Es sind wohl gerade Strecken vorhanden, aber das sind entweder flache Bogen, oder wenn es wirklich genaue Gerade sind, biegen sie an ihren Enden ein und unterwerfen sich damit doch noch dem allgemeinen Gesetz. Im Gegensatze zu dem, was wir erwarten, beherrscht die gebogene Linie am entschiedensten die Felsformationen, die darin die Bewegtheit der sie umspülenden Luft und des Wassers abbilden; die gerade Linie ist dagegen im Schutt am häufigsten: kurze Schutthalden und die Spurlinien des über Schutt abgestürzten Gesteins und abgeronnenen Wassers bieten uns die häufigsten Beispiele von Geraden. Gerade darum auch freuen wir uns des Wasserspiegels eines Gebirgssees oder des freien Horizontes im Thalausblick, weil sie uns zur Abwechslung eine reine gerade Linie darbieten.

Die verbreitete Ansicht, daß ein Berg von vollkommen regelmäßiger Gestalt unschön sei, muß man zurückweisen. Der englische Landschaftsschilderer Gilpin hat sie meines Wissens zuerst ausgesprochen. Sie gilt unter keinen Umständen von den flachen Vulkankegeln, die oft auffallend regelmäßig sind, so daß ihre Silhouette ein reines, stumpfwinkliges Dreieck darstellt. Es schadet dem Riesen nicht, daß er von einigen Seiten eine fast regelmäßige Pyramide bildet. Kleine Unebenheiten, besonders aber die Variationen des Pflanzenkleides, der Firndecke, der Wolken, der Beleuchtung lassen die Aufmerksamkeit kaum bei dieser Regelmäßigkeit verweilen. Symmetrische Bergumrisse sind unendlich häufig in unseren deutschen Mittelgebirgen mit ihren abgeglichenen Kuppen und Wellen. Es ist wahr, daß diese Berge in der Regel wenig hervortreten, weil sie nicht hoch über ihre Umgebung hervorragen. Aber dafür wiederholen sie sich häufig. In diesem Verruf der regelmäßigen Formen liegt wahrscheinlich eine falsche Anwendung des Erfahrungssatzes, daß Unregelmäßigkeit der Form, z. B. sehr ungleiche Abhänge eines Berges, zerrissene, zerspaltene Formen uns sehr oft gefallen. Es ist aber damit

nicht gesagt, daß uns deswegen die regelmäßigen mißfallen müssen. Indem uns die Wissenschaft die einzelnen Formen des Bodens als die Wirkungen großer Kräfte zeigt, macht sie uns überhaupt nicht geneigt, bei den Einzelheiten allzu lange kritisch zu verweilen und unser Gemüt von einzelnen Formen allzu tief bewegen zu lassen. Die traurigen Sargformen, die manche von unseren mit Vulkankuppen besetzten Mittelgebirge, besonders ausgesprochen die Schwäbische Alb, zeigen, können uns als häufige Erzeugnisse von schichtenzerschneidenden Wasserfluten nicht so tief ergreifen, wie wenn wir ihnen eine selbständigere Entstehungsweise zuschreiben. Die ermüdenden Wellenlinien unserer Buntsandstein- und Keupergebirge erhalten gerade in ihrer Wiederkehr, und besonders in ihrer Wiederkehr in den verschiedensten Gebirgen, eine gewisse Größe von dem Augenblick an, wo wir sie als den Ausdruck eines nach langem Zertrümmertwerden und Zusammensinken erreichten Ruhezustandes erkennen.

Die Gliederung des Bodens im ganzen und die der einzelnen Bodenformen ist eine große Thatsache der Landschaft. Sie schafft ebensoviele Abschnitte und Zentren einer landschaftlichen Gliederung, wie sie Stücke abgliedert. So wie der Aufbau des einzelnen Berges aus Blöcken und Platten uns die Auffassung des Berges erleichtert, ihn gleichsam unserem Verständnis näherrückt, so läßt uns die Gliederung des Bodens jedes Land leichter als ein besonderes Ganze erfassen. In der Zusammenfügung der Blöcke und Platten des Berges liegt etwas von seinem Bauplane, wir haben darin wenigstens die Möglichkeit eines Verständnisses des Aufbaues. Ebenso liegt in der Aneinanderreihung der Hügel und Berge und in der Verkettung der Thäler der Plan angedeutet, nach dem ein Land gebaut ist. Wenn von diesem Plan ein Blick in die Landschaft uns auch nur eine Ahnung vermittelt, liegt darin eine große Steigerung des landschaftlichen Genusses. Von einem Höhenpunkt über dem Gardasee den Moränenzirkus des Mincio in seiner Gesamtheit zu erfassen, ist ein größerer Genuß, als den einzelnen Moränenhügel zu betrachten; nicht weil der Moränenzirkus größer als der Moränenhügel ist, sondern weil aus jenem das Geheimnisvolle einer gewaltigen erdumbildenden Kraft zu uns spricht. Als Goethe auf der Höhe des Gotthard stand, erhob ihn das Gefühl, daß dies eine königliche, überragende, die Gebirgsketten verknüpfende Erhebung sei. Ja, selbst ein Blick von Wunsiedel aus in den Abschluß des Fichtelgebirges, der aus dem Zusammentreffen der hercynischen und erzgebirgischen Richtung entsteht, kann den Eindruck bewirken, daß wir in den Bauplan des Gebirges hineingesehen haben. Es gehört allerdings eine Karte und etwas geographisches Verständnis dazu, ihn zu lesen.

Der Umriß des Hochgebirges nimmt die sanfteren Linien vorgelagerter Höhen auf und führt sie in reicherer Entwickelung fort und aufwärts. Nur die Farbe und der Luftton machen einen großen Unterschied. Das gelegentliche Blinken der Firnflecke deutet sogar eine Grenze an. Die Bergkette, die eine andere überragt, hat immer schärfere Formen als die, welche tiefer liegt. Beide sind aber im Grunde nahe verwandt nach Entstehung und Aufbau, und so wiederholen sich nicht selten die Formen der ersten Kette in der zweiten in schärferer Umreißung. Es gehört zu den feinen Reizen eines Blickes auf die Tiroler Kalkalpen, daß sie die milden, schönen Pyramiden höherer Vorberge, wie des Herzogstandes und des Heimgartens, im Schroffen, Felsenhaften wiederholen. Auch im Abstande der Ketten eines Gebirges liegt eine Gesetzmäßigkeit; er ist abhängig von der Stärke der gebirgsbildenden Kräfte. Selbst wo Firn und Eis die Ketten einförmig umhüllen, nehmen wir noch ihre Zugehörigkeit zu aufeinander folgenden Wellen wahr, die in bestimmten Richtungen an- und abschwellen.

Aristoteles spricht dem Schönen eine gewisse Größe zu. Es soll weder zu groß noch zu klein sein. Gemessen mit dem im menschlichen Auge gegebenen Maß, sind kleine Dinge zierlich und

niedlich. Ihre Schönheit ist so klein, daß man ihre Teile nur mit Anstrengung auseinander halten kann. Die Erdbildungen sind nun häufig zu groß für ein volles Überschauen, man kann nur Teile von ihnen wahrnehmen, das Ganze entschwindet der Betrachtung. Zwar sind sie nie von der Größe des Meeres oder der Sternenwelt, die beide überhaupt nur als Ganze erfaßt werden können. Aber immerhin gewinnt ein natürlicher Abschnitt eines Gebirges an ästhetischem Werte, weil er die in unseren Sinnen gelegene Beschränkung der Auffassung für diesen Teil aufhebt. Ist dieser Teil so beschaffen, daß er in Höhe, Gestalt, Bewachsung und anderen Eigenschaften ein volles Bild des Gesamtgebirges gibt, und ist er gleichzeitig von Natur deutlich abgesondert, dann gewährt seine Betrachtung den vollsten Genuß, denn wir sehen dann in dem Teile das Ganze, ohne daß der Teil den Eindruck eines Bruchstückes machte. Daher kommt ein reich gegliedertes Gebirge der ästhetischen Erfassung entgegen. Daß die Alpen so zahlreiche Abschnitte darbieten, die für das Ganze stehen können (sicherlich ist jedes der sogenannten Zentralmassive [s. oben, S. 232] ein natürlichster Abschnitt solcher Art), erhöht zweifellos die Vorstellung, daß sie ein ganz besonders schönes Gebirge sind. Daß ihnen mittlere Höhenstufen vorliegen, wie der Pfänder, der Rigi, der Speer, die einen umfassenden und doch künstlerisch abgerundeten Einblick verstatten, verstärkt diesen Vorzug.

Umgekehrt bieten alle Gebirge, in deren Aufbau das Massige überwiegt und natürliche Abschnitte selten sind, der ästhetischen Auffassung große Schwierigkeiten. Sie gelangt z. B. im Schwarzwald oder im Jura weder zur Erfassung des Ganzen noch eines das Ganze repräsentierenden Teiles, sondern muß sich mit Einzelheiten begnügen, unter denen der Fernblick von einem Feldberg oder Mont Dore (Auvergne) auf das Gewimmel der rundlichen Kuppen und Rücken der Erfassung des Ganzen am nächsten kommt. Nur bei kleineren Gebirgen dieser Art, wie dem Harz, gelingt es, auch von außen her einen Blick auf das Ganze zu gewinnen. Der tiefere Reiz des bekannten Brockengespenstes liegt ja doch wohl darin, daß es uns den so oft umwanderten Berg endlich ganz, wenn auch als Schatten, erblicken läßt.

Fernblicke und Vergleichungen.

Beim Blick von einem Alpengipfel schieben sich Berge und Bergreihen hintereinander. Man sieht nur in die nächstgelegenen Thäler hinein, in der Ferne verdecken die Höhen die Vertiefungen. Da sieht man nur noch große Höhenzüge, aus denen einzelne Berge von den verschiedensten Form- und Größenverhältnissen hervorragen. Die Berge sind aber den langgestreckten Erhebungen untergeordnet, die man Kämme nennt. Die Berge krönen die Gebirgskämme, wie Wellenspitzen die Wellen krönen. Das Bild der erstarrten Woge, keineswegs nur der populären Litteratur eigen („gleichsam eine im Moment der wildesten Brandung erstarrte Woge" nennt Baltzer den Bächistock), ist tief begründet in der Gebirgsbildung. Würde unser Blick weit genug reichen, so würden wir die Kämme wie die aufeinander folgenden Wellen eines Systems von Wellenringen mit abnehmender Größe hinauszittern sehen. Aber es fehlt auch in der Nähe nicht an Zeugnissen der Verwandtschaft zwischen dem Gebirge und dem Wasser. Solche Rinnen, wie sie hier das abrinnende Wasser in die Gebirgsmasse gegraben hat, höhlen dort die Rinnsale einer zurückflutenden Welle auf dem Sand eines Uferhanges aus. Und wie dort ein Steinchen die Wassersträhnen ablenkt und über den Sand hervorwächst, so erhebt sich hier ein Gipfel, wo das Gebirge aus härterem Gestein besteht, und graben sich Thäler in weichere Schichten ein. Selbst die kleinen Formen, die man Ornamente des Gebirges genannt hat (vgl. S. 538, 551 u. f.), zeigen die Arbeit des rinnenden Wassers, wie der Marmorschmuck eines

Palastes den Meißel erkennen läßt, mit dem der Marmor bearbeitet worden ist. Aber unter dieser Fülle von Übereinstimmungen, welche die Allwirksamkeit des Wassers und der Luft in allen Zonen und auf allen Gesteinen hervorbringt, liegen augenfällige Unterschiede der Gebirge. Die Hochgebirgslandschaften sind so mannigfaltig wie die Physiognomien der Menschen.

Uns sind die Alpen am vertrautesten, und von den Alpen her sind wir gewöhnt, zweierlei Linien im Bilde des Hochgebirges zu unterscheiden: die vielgebrochenen, im Großen und Kleinen winkligen und geknickten Linien der Felsen und die lang hinausgezogenen, in sanften Biegungen sich senkenden und hebenden Linien des Firnes und Eises, jene die Zerstörung starrer, diese die Bewegung nachgiebiger Massen verdeutlichend. Wir sind weiter an das Umlagertsein der höchsten Teile von weicheren Vorbergen gewöhnt, die erst mit Wald und höher hinauf mit Matten bedeckt sind und zu dem strahlenden Firnweiß und dem Felsengrau alle Schattierungen von Grün fügen (vgl. S. 638 u. f.).

Ein Blick vom Meere auf das firnbedeckte Hochland Norwegens zeigt nur eine Mauer, die von schwachen, flachen Zinnen gekrönt ist. Ein Blick von einem der Gipfel Norwegens herab zeigt dem entsprechend keine Felstürme oder Pyramiden, keine halb eingestürzten, halb aufrecht stehenden Mauern, sondern eine Menge breiter, massig emporgewölbter Rücken, aus denen nur zerstreut die schärferen Formen eines Gipfels oder eines auf kurze Strecke mauerartig scharfen Kammes sich hervorheben. Der Schneereichtum trägt dazu bei, die Gebirgsumrisse der Horizontalen näher zu bringen, die schärferen Klüfte auszuebnen und durch zahllose, oft regelmäßig angeordnete Schneereste (Firnflecke) die entsprechende Zahl flacher, beckenförmiger Senken im Gestein anzudeuten. Kühnes Aufstreben herrscht nur in den Fjorden, hier wetteifert damit der donnernde Sturz von 1800 m hohen Wasserfällen, aber sobald man mühsam diese steilen Wände erklettert hat, steht man wieder den trägen Linien der alten, verwitterten, vom Eis abgeschliffenen Höhen gegenüber, die Wölbung neben Wölbung einförmig hinziehen.

Leichtere Unterschiede trennen die Faltengebirge verschiedenen Alters und verschiedener Zonen voneinander. Die Felsengebirge Nordamerikas zeigen nichts von der reichen Gliederung der Alpen. Gerade westlich von Denver haben die Vorhöhen der Rocky Mountains ungewöhnliche horizontale Profillinien, auffallend kontrastierend gegen die Dome und Pyramiden des Hochgebirges sowohl wie gegen die „Hogbacks“ (Schweinerücken), die charakteristische Form der aufgerichteten Sedimente der „Foothills“. Aber während bis tief in die Alpen Querthäler grüne Buchten hineinführen, steigt das Gebirge von Colorado auf einer Strecke von fast 50 Meilen beinahe in gerader Linie über der hohen Prärie empor. Etwas der außerordentlichen Gliederung der alpinen Vorzone mit ihren Seen, ihren Längen- und Querthälern Ähnliches erblickt man vom Gipfel des Pike's Peak nicht. Auch die Gipfelformen nehmen an diesen Verschiedenheiten teil. Gerade von dem ebengenannten Gipfel aus bietet die Sangre de Cristo-Kette dem Blick eine Reihe der symmetrischsten Pyramiden dar, deren Regelmäßigkeit einen Monte Rosa oder Großvenediger tief in den Schatten stellt. Auf die Gebirge von Colorado, Neumexiko, auch auf einen Teil der Sierra Madre, paßt daher vortrefflich der Name Sierra (Säge), den man keiner Alpenkette mit gleichem Recht beilegen könnte.

Gebirge von 1000—1500 m Höhe kennen wir in Mitteleuropa nur als Waldgebirge, deren höchste Kuppen ein braungrünes Mattenkleid tragen. Wo Felsen hervortreten, sind sie meistens gerundet. Die Bergformen sind im ganzen weich, schroffe Abhänge und Klippen kommen höchstens in den Thälern vor. Auch diesem Typus stellt der Norden einen härteren, plastischeren gegenüber.

Die mannigfaltigen Gesteine und Felsgebilde, von der Vegetation nicht verhüllt, die nur im Tiefland üppig ist, die Heiden, Moore und Seen, die Nähe des Meeres in tiefen Buchten, die Inseln, das feuchte Klima sind die Elemente der schottischen Berglandschaft. Das schottische Hochland gleicht an Höhe nur dem Schwarzwald, aber es steigt oft unmittelbar aus dem Meere heraus, und seine Berge sind kahler, steiler, erscheinen höher und erinnern an die Nacktheit plastischer Bildwerke; von ihnen wie von den Bergen des Seendistrikts ist gerade der „plastische Zug“ oft hervorgehoben worden. Die Bergformen sind zwar nicht so plastisch voll wie in Nordengland, aber kühner, zerklüfteter. Zerbröckelte und zersprengte Gesteine zeigen die Zerstörung an der Arbeit. „Fast sehen die Umrisse aus, als hätte eine vor Alter zitternde Hand sie gezogen“ (Wörmann). Es stimmt dazu das braune Wasser der schottischen Seen, das schwarz erscheint vor den grauen Felsen der Umrandung und zahlloser Klippen und Inselchen.

„Plastisch“ war auch das Schlagwort, womit die deutschen Landschafter die italienischen Berglandschaften bezeichneten, ehe die Malerei den Reiz der Wald- und Wiesengründe erfaßt hatte, den

ihr die romantische Poesie erst zeigen mußte. Man verstand darunter Bergformen, die nicht von dräuender Kühnheit und Größe sind, wie in den Alpen, und nicht ins Wellige übergehen, wie die des Nordens. Ein Gebirge wie der Apennin ist in der That nur an wenigen Stellen großartig im Sinne der Alpen, aber es leitet vom Anmutigen, das in seinen Zügen vorherrscht, zum Großartigen über, und sein spärliches Waldkleid verhüllt weniger die vorwaltend rundlichen Formen, als es sie andeutet.

Das Thal in der Landschaft.

Das Thal ist für den, der von außen hereintritt, ein Thor; daher viele Thalmündungen den Namen Thor, Pforte, Porta tragen. Man spricht bei uns von der Porta Westphalica; auch der Thüringer Wald hat seine Porta: der von steilen Wänden eingefaßte, kaum dem Weg Raum lassende Abschnitt des Werrathales zwischen Heldrastein und dem ruinengekrönten Normanstein bei Treffurt ist eine rechte Porta Thuringiaca (Debes). Wie aus einem dunkeln Bau tritt man dort in die offene, lichte Werragegend hinaus. Der Name ist vom Thal auf den Berg übergegangen: wir haben im Karwendelgebirge den Namen „Thorwand" für eine Gebirgswand, die wie ein geschlossenes Thor sich vor das Rißthal legt. Erhebt ein halbhoher Berg sich vor einer Thalöffnung, wie der Monte Brione mitten aus dem Sarcathal an der Mündung in den Gardasee, so sieht das allerdings mehr nach einer hohen Schwelle als nach einem Thor aus. Dies Hindernis muß umgangen werden; aber vom See her gesehen, versöhnen uns die schönen Linien des so gewaltsam vorgelagerten Blockes.

Die Landschaftsmalerei hat sich seit langem dieses „Thormotives" bemächtigt, und seit die Van Eyck die Durchblicke des felsenumstandenen Maasthales auf ihre Bilder brachten, ist in Millionen von Bildern und Photographien der Blick thalaufwärts zwischen den Thalhängen hindurch wiedergegeben worden, wodurch ein symmetrisches Bild entsteht. Die bekannten Elemente des Thales sind die Grundzüge dieses weitverbreiteten Typus: das Thal ist eine abwärtsführende Rinne im Erdboden, sein oberer Teil liegt höher als sein unterer, und Ufer, Hänge, Dämme, Berge, Gebirge fassen es beiderseits ein. Von unten hinaufblickend, sehen wir das Thal zwischen Höhen eingesenkt, und vom Hintergrunde her schaut uns das an, was höher gelegen ist. So bietet jeder Blick in ein Thal das natürlich eingerahmte Bild einer näheren oder ferneren Aussicht. In der Natur selbst ist also die Dreigliederung der Landschaftsbilder in unzählbaren Fällen schon gegeben. Was uns als die künstliche Anordnung eines schematisierenden Geschmackes erscheint, baut sich rings um uns als Werk der Natur auf. Wir brauchen aber nicht bei dem Thale stehen zu bleiben, das die Rinne fließenden Wassers ist. Das Thal ist zwar schon als Wirkung des Wassers eine der größten Thatsachen der Erdoberfläche: Thäler durchfurchen alles bewässerte Land, und selbst in den Wüsten, wo heute kein Wasser fließt, bezeugen trockene Thäler einen feuchteren Zustand, der einstmals war; aber die Thalform kann noch ganz anderen Kräften ihre Entstehung verdanken. Jede Faltung schafft eine Rinne, und jeder Einbruch kann die Bildung einer Rinne anbahnen. Vielleicht fließen ebensoviel Bäche und Ströme in älteren und neueren Falten, Rissen und Brüchen wie in selbstgegrabenen Rinnen, so daß man sagen kann: die dreigliederige Landschaft in ihrem natürlichen Rahmen ist die Wirkung allverbreiteter Kräfte, die aus der Erde heraus und von der Luft durch das Wasser auf die Erde herab und über die Erde hin arbeiten; sie ist eben deshalb der Ausdruck allverbreiteter Erdformen.

Man malt, zeichnet, photographiert diese Aussichten also, weil sie häufig sind. Wenn man sie aber auch anderen, ebenso häufigen, vorzieht, so hat das seine besonderen Gründe. Die Natur selbst bietet hier ein abgeschlossenes Bild. Wenn sich rechts und links vom Thalgrunde die

Thalhänge wiederholen, so ist das kein zufälliges Nebeneinandervorkommen, sondern eine verknüpfende Wiederholung in bestimmter Lage. Zwei ähnliche Berge ohne Verbindung nebeneinander gestellt, erregen unser Interesse nicht mehr als jeder von ihnen einzeln. Diese Wiederholung ist ästhetisch zwecklos. So ist es mit zwei Bäumen, die nebeneinander stehen. Stehen aber die Berge oder die Bäume zu beiden Seiten eines Gegenstandes, den sie gewissermaßen einrahmen (s. die untenstehende Abbildung), indem sie z. B. ein Thal oder eine Schlucht begrenzen, so verbindet sie eine höhere Beziehung: sie erscheinen als die einander gegenüberliegenden Erhebungen, die notwendig sind zur Bildung der zwischen ihnen herabziehenden Thalrinne. Oder wenn Claude Lorrain mit Vorliebe zwei Prachtbäume zur Umrahmung eines sonnigen Fernblickes benutzt, dann sind diese Bäume notwendige Bestandteile des Bildes, das sie nach rechts und links abschließen. In solchen Fällen erfreut uns einmal die symmetrische Wiederholung an sich, weil sie ein Element von Regelmäßigkeit in die vorherrschende Unregelmäßigkeit der Umrisse und Bodenformen bringt; und dann erfreut uns die „Umrahmung“, die ein drittes Bild in der Ferne erscheinen läßt. Es spielen in der Landschaft auch andere Wiederholungen eine große Rolle, die, durch einheitliche Beziehungen verbunden, unser Gefallen steigern; aber mit jenen symmetrischen Wiederholungen verbinden sich noch andere Vorteile, die ihre Bedeutung steigern.



Der Ngommwimbi der Ruwensorikette, zwischen Albertsee und Albert-Edward-See, Afrika. Nach dem „Geographical Journal“.

Versetzen wir uns in eine Gegend, wo zahlreiche Thäler zwischen ebenso vielen Bergen ausmünden, z. B. auf einen von unseren Voralpenseen. Da fühlen wir sofort, wie der Blick in das Thal uns immer mehr fesselt, als der auf einen Berghang oder auf eine Felswand oder auf einen Wald gerichtete Blick. Ersterer hat die Tiefe voraus. Statt an einer Linie hinzuschweifen oder hinzuirren, die aus gleichweit entfernten Punkten gebildet wird, geht er geradeaus fort.

Ist das Thal ohne Abschluß, so geht er ins Weite, ist es abgeschlossen, so stellt ihm der Abschluß ein neues Bild in den gemilderten Formen und Farben der Ferne gegenüber, in dessen Betrachtung der Blick Ziel und Ruhe findet. Ein solches Fernbild ist in seinen beiderseitigen Einrahmungen ein Ganzes, wogegen eine Berg- oder Felswand immer willkürlich herausgeschnitten wird. Jenes ist ein Bild von Natur, aus dieser kann zur Not ein Bild gemacht werden. Die Schriftsteller, die über Landschaftsmalerei geschrieben haben, z. B. Twining, setzten den Wert der natürlichen Einfassung zu niedrig an, wenn sie darin nur Vorhänge oder Blenden sahen. Ich will nicht von den Farbenunterschieden der Fernblicke sprechen und von den feinen Reizen ihrer Luftperspektive. Es ist für unsere Schätzung ihrer Bedeutung, wenn nicht im Bilde, so doch in der Natur, viel wichtiger, daß sie die Symmetrie der seitlichen Gebilde durch ein ganz neues Drittes aufheben, neben dem sie als etwas ganz Untergeordnetes erscheint. Es ist der Blick in eine Welt jenseit des Vordergrundes, die heller, größer und weiter ist. Das ist der Blick, dem zuliebe die Gartenkunst der Nappes d'eau und Taxushecken lange Alleen schuf, in deren engbegrenzter Perspektive ein weißes Schloß in dunklem Rahmen des künstlichen Waldes wie in einer Blende, künstlich ferngerückt und verkleinert, erscheint. Diese vertieften Landschaften der Gartenkunst bilden einen merkwürdigen Gegensatz zu den tapetenhaft flachen, gemalten Landschaften derselben Zeit.

Wir vergessen allzu leicht, daß wir in der Regel *in der Erde drin stehen*; die Furchen, Mulden und Brüche, alle diese Runzeln, die uns überragen im Antlitz der Erde, sind ja in die Erde hineingegraben. Gehen wir in einem Thale, so gehen wir also in einer Rinne, die das Wasser und vielleicht das Eis noch vertieft haben. Wir befinden uns da unter dem Niveau der Erdoberfläche. Oft gehen wir auf einem Boden, der thatsächlich aus diesem Niveau um ein paar hundert oder auch ein paar tausend Meter in die Tiefe gesunken ist. Wir haben den Himmel über uns, und der läßt uns vergessen, daß wir eigentlich in einer Aushöhlung uns bewegen, kurz, daß wir in der Tiefe sind. Allerdings, wenn wir unseren Blick statt nach oben nach den Seiten und nach vorn richten, da merken wir bald, daß wir von Teilen der Erde umgeben sind, und oft schließt sich die Welt auch hinter uns zu, und wir können nur nach obenhin einen Blick ins Freie gewinnen. Hängt nun, wie in so vielen Klammen, ein Teil dieser uns umgebenden Erde über, dann fühlen wir uns gar wie ein Bergmann in seinem Stollen überall von der Erde eingehemmt und sind sehr froh, wenn vor uns endlich ein Lichtstrahl auf den Weg fällt, doppelt froh, wenn dieser Lichtstrahl eine schöne Landschaft vor und über uns beleuchtet, so daß der Blick in die Ferne zugleich ein befreiender und erhebender Ausblick ist.

Was die Bergkulissen einfassen, ist nun nicht immer einfacher Fernblick. Sehr oft sind den fernen hohen Bergen halbhohe vorgelagert, die sich wie ein besonderes, kleines Gebirge dazwischenschieben. Eine *Folge von besonderen Bildern* führt dann in die Ferne hinaus. Natürlich bereichert sich das Gesamtbild durch diese Berge, die sich vor den höheren und ferneren erheben. Es gliedert sich vier- und fünffach, und zwar besonders deutlich, wenn die vorgelagerten Erhebungen eine Höhenstufe bilden, auf der sich eine kleine Welt von Äckern und Wiesen, Wäldern und Lichtungen, Höfen und sogar Dörfern entfaltet. Das ist es, was die Thäler der Dolomiten so reich erscheinen läßt, was auch schon dem Blick aus dem Unterinnthal nach den Zentralalpen eine so reiche Welt durch die Einschiebung des „Mittelgebirges" erschließt.

Wo nun eine solche scharfe Abstufung nicht stattfindet, da können sich doch die hinter- und übereinander liegenden Teile des Bildes in der mannigfaltigsten Weise voneinander abheben. Ihre natürliche Verwandtschaft bringt dazu weitere *Abstufungen* in Form und Farbe, die zum Rhythmischen im Bild oft sehr viel beitragen. Im Vordergrund erheben sich mit

weichen Formen Hügel, die bis oben angebaut und bewohnt sind, weiter zurück folgen höhere, bewaldete Berge, die schon gelegentlich eine graue Felsklippe oder Felsrippe hervorschauen lassen, im Hintergrund endlich tauchen die Felsberge mit ihren Firn- und Eisauflagerungen hervor. Auch diese Auflagerungen stufen sich wieder ab von dem einsamen Firnfleck, der in dem Felsengipfel eines grünen Berges in einer Runse liegt, durch die gesellig auftretenden und stellenweise ineinander fließenden Firnflecke eines uns zugewandten Schuttkahres bis zu dem aus breitem Firnmantel wie ein riesiger Eiszapfen herabsteigenden Gletscher. Oder der vordere Berg trägt das dunkle Kleid des Waldes, das an dem weiter zurückliegenden herabgesunken ist, um Matten und Felsen frei zu lassen, zwischen denen dann aus der Ferne der leuchtende Firn herüberschaut. Das sind Blicke, wie man sie durch Einschnitte im Kalkgebirge gewinnt, wo die Farbenabstufung vom Lebendiggrünen durch Felsengrau zum leuchtenden Weiß der Firnfelder führt, die kaum von den Wolken im Sonnenlicht zu unterscheiden sind; mit ihr zusammen geht die Abstufung vom organisch Weichen der Pflanzendecke durch das Starre des nackten Gesteins zu der Mischung von Weich und Starr in dem Mantel festen Wassers, der die höchsten Höhen umhüllt. Der Landschafter wird zwar die allzuweit ausgezogenen Perspektiven in der Regel zu verwickelt finden. Auf dem Bilde zerstreuen sie erst den Beschauer; bald aber langweilen sie ihn. Die Sprache der Natur klingt uns aber auch dann noch wohl, wenn sie mit vielen Wiederholungen und in breiten Rhythmen sich ergießt.

Wenn Vorberge so nahe zusammentreten, daß sie den größten Teil des dahinter liegenden Gebirges verhüllen, ragen nur dessen höchste Gipfel darüber hervor. Je weniger man von ihnen sieht, desto ferner erscheinen sie, und im Gesamtbilde sind sie hier den Vorbergen untergeordnet. Immerhin steht auch dann noch der Einschnitt mit den darüber herausragenden Gipfeln im Mittelpunkte des Bildes, das einen wohlthuend symmetrischen Aufbau zeigt, wenn der Einschnitt einen ähnlichen Winkel bildet wie die darüber hervorragende Gebirgsgruppe. Solcher Art ist der Einschnitt des Isarthales in die Berge der bayrischen Hochebene, über den die schöne Gipfelpyramide des Karwendelgebirges hervorragt. Die beiden Winkel bilden miteinander eine rautenförmige Figur. Diese Figur kommt oft in Thalausblicken vor. Sie ist in doppeltem Sinne eine Wiederholung der Bergumrisse des Vordergrundes rechts und links, die immer auf Dreiecke zurückführen; denn die Raute zerlegt sich in zwei Dreiecke. Zugleich wirkt diese Figur als Abschluß, und hinter dieser Funktion tritt die Wiederholung zurück, die übrigens durch ihre besonderen Farben und Lichter als eine ganz neue Variation der bekannten Formen erscheint.

Treten die Vorberge weit auseinander, so läßt umgekehrt der tiefe Einschnitt, der ein Gebirge thorartig durchbricht, das in seinem Hintergrund aufragende Gebirge als ein Ganzes in unseren Gesichtskreis treten. Es ist ein breites, freigebiges Darbieten, allerdings auch ohne den Kontrast zwischen dunkler Thalspalte und lichter Thalweitung. Nun haben wir kein einheitliches Panorama mehr wie vorhin, sondern ein dreigliederiges, das triptychonartig aus den Flügeln der Vorberge und aus dem Mittelbilde besteht, von dem jene unbedingt beherrscht werden, wenn es auch tief unten am Horizonte steht. Wir sehen durch das Thor des Thales in eine Welt, die fern ist und einer anderen Höhenstufe angehört. Die Entfernung läßt Unebenheiten übersehen, die zwischen uns und diesem Bilde liegen. Man glaubt über denselben Wiesenboden hin, auf dem wir stehen, bis an den Fuß der fernen Berge schreiten zu können. Und Berge, die wir über den Spiegel des Vorlandsees hin erblicken, scheinen aus dem See unmittelbar aufzusteigen. Indem dergestalt das Mittelbild eine beherrschende Stellung gewinnt, treten auch die seitlichen Einfassungen selbständiger hervor; sie müssen diesen selbständigen

Charakter haben, wenn die Harmonie nicht gestört werden soll, oder sie müssen als einfache Hänge, die in gleichmäßiger Bewaldung übereinstimmen, nichts anderes sein wollen als der Rahmen des Mittelbildes. Es gehört zu den feinen Schönheiten der Thaleinfassungen von Heidelberg und Baden-Baden, daß sie auf der Seite, wo ihre alten Ruinen aus dem Walddunkel hervortreten, beide Aufgaben zugleich lösen.

In unseren Mittelgebirgen fehlen die großen Abstufungen der Hochgebirge; dafür sind die Gebirgsmassen bis zu den Kammeinschnitten so hoch, daß sie dem Betrachter Mauern entgegenstellen; daher tiefe Thäler ohne Ausblick. Der Blick dringt nicht in das Gebirge, sondern haftet an dem Gebirge. Nicht als ferner Hintergrund in Thaleinschnitten, sondern als rundliche Kuppen überragt der Brocken den mächtigen Wall des Harzes, der Ochsenkopf die breite Wölbung des Fichtelgebirges. In unserer Erinnerung an die Alpen öffnen sich grüne Thäler mit schneegipfeligem Hintergrunde, während wir unsere Mittelgebirge als Wälle, gewölbte Massen oder Wellenzüge im Gedächtnis tragen, scheinbar mehr geographische Vorstellungen als Bilder. Und doch walten auch in den Landschaften unserer Mittelgebirge dieselben Grundgedanken wie in den Hochgebirgslandschaften; sie sind nur nicht in so großen Zügen hingeschrieben, sondern in die leisere Sprache des Idyllischen, Heimlichen übersetzt. Der Blick wandert ebenso gern an dem Bächlein entlang, das über eine hellgrün begraste Waldlichtung aus einem dunkeln Thale kommt, wie er dem Sturzbache bis zu den Gletschern folgt, die ihn nähren. Das körperliche Auge trifft allerdings in diesem Prospekte sehr bald nur auf Bäume und Waldesdunkel, die sich dann immer wiederholen. Aber die Seele fliegt dem Blicke voraus und nistet sich mit schauerndem Behagen in kühlen, in bemoosten Waldwinkeln ein, wo an stillen Quellen die bekannte blaue Blume steht und in dem Blick eines aus dem Schatten heraustretenden Rehes eine tiefe Frage der Natur an uns zu liegen scheint. Es genügt ein einfacher Weg, der in ein Waldinneres hineinführt; das Thal ist immer auch nur ein Weg. Es kommt auf das Prinzip der Durchbrechung eines Hindernisses unseres Blickes und des Hineinsehens an. Die einst so stark betonte zweiseitige Symmetrie tritt dahinter zurück. Wir erinnern uns dabei des Wortes von F. Th. Vischer: „Wer Formen sieht, kann in der Modellierung eines Hohlweges, eines Raines eine Welt von Reizen finden."

Natürlich variiert das „Motiv des Weges" ebensoviel, als es Abänderungen und Sondereigenschaften der Thäler gibt. So hat vor allem das schroffwandige Thal nichts von dem Vertraulichen, Hineinziehenden des breiten Thales, es erdrückt; aber es bleibt immer eine Lücke in der Gebirgswand. Die Neigungen der Thalwände zu einander wechseln; sind sie nur unmerklich verschieden, übersehen wir den Unterschied, nimmt die Verschiedenheit zu, so erfreuen wir uns an der Abweichung. Wird sie noch größer, so entsteht ein selbständiges Bild, in dem nicht das Thal, sondern die das Thal einschließenden Berge die Hauptsache sind. Ganz verschieden von dem Thale selbst sind seine Terrassen; besonders aus der Ferne gesehen wirken sie als scharfe Stufen von rein horizontaler Begrenzung, die scharf absetzen von den regellosen Schutthalden am Bergfuße: die ordnende, neubildende Macht des Wassers mitten im Bilde seiner abtragenden Thätigkeit.

Die Jochlandschaft möchte man eine Thallandschaft ohne Thalschluß nennen; aber sie hat ihr eigenes Recht. Hier liegt zwischen Hüben und Drüben, zwischen zwei Tiefen, eine hohe, stille Welt, die über sich nichts als den Himmel hat. Hier ist eine Scheide des Wassers, des Schuttes und des Lebens, ein natürlicher Ruhepunkt. Die dunkeln Wässer, die in dem ungewissen Gefälle der Torfwiese hin und wieder gehen und stehen, mahnen uns, stehen zu bleiben,

nicht allzu rasch der nächsten Tiefe wieder zuzueilen, wo eine ganze neue Welt liegt, in der die so klein entspringenden, hier noch unschlüssigen Bäche nicht zur Ruhe kommen werden, bis sie das Meer erreicht haben.

Flachlandschaften.

Da unser Auge leichter an einer wagerechten Linie hin und her geht, als es an einer senkrechten auf und ab steigt, so machen wagerechte Linien den Eindruck der Ruhe, während senkrechte zu Anstrengungen auffordern. Wir folgen mit Behagen den Uferlinien des Meeres oder eines Sees oder den wagerechten Abstufungen des Bodens, mehr noch der rein wagerechten Grenzlinie eines Wasserspiegels. Aber die liegenden Dinge machen niemals einen so mächtigen Eindruck auf uns wie die emporstrebenden; die Mühe, die mit der Erfassung dieser verknüpft ist, wirkt stärker als ihre Länge. Wir können sogar die Länge einer gefällten Riesenzeder besser abschätzen als die einer stehenden; aber den stärkeren Eindruck macht die stehende. Es ist wohl zu erkennen, wie wir unwillkürlich die Ausblicke nach oben und unten beschränken und lieber geradeaus dem Horizonte zu sehen. Dem entsprechend sind auch weitaus die meisten Landschaftsbilder aufgefaßt, und zwar in unserer Zeit noch mehr als sonst. An Gebirgsbildern hat sich das Publikum wohl auch darum bald satt gesehen, weil sie eben zum Hinaufschauen nötigen.

Doch kommen sicherlich auch positive Gründe mit ins Spiel. Der Raum über dem Horizont ist ja in keiner Ebene und über keinem Wasserspiegel leer. Unser Auge verliert sich in das tiefe Blau des Himmels oder erfreut sich an den Wolkengestalten, die gleichsam ein eigenes ruheloses Leben führen, indem sie sich ununterbrochen verändern und verflüchtigen. Am liebsten haftet der Blick allerdings wieder an denen, die in langen Inseln oder Inselketten das Firmament durchqueren, die Grundlinie des Horizontes gleichsam in ihren luftigeren Schöpfungen wiederholend. Die Bilder der Ebene mit ihrem hohen Himmel zeigen das Weben der Farbentöne in der Luftperspektive und sind daher allen Darstellungen der Farben- und Tonabstufungen der Luft günstig. Die Morgenkühle, die Abenddämmerung, den Mondschein darzustellen, sind sie vor allem geeignet. Daher gerade bei den Venezianern und Holländern, welche die Welt über einem Flachland- und Meereshorizont erblicken, die frühe Entfaltung des Sinnes für die Schönheiten des Lichtes im Freien und die Ausbildung der Luftperspektive, wobei die Eigenschaft des Flachlandes, dem Wasser nahe zu sein, Lagunen, Flußausbreitungen, Seen zu umfassen, nicht zu vergessen ist. Auch die Farben der Erde sind in den Ebenen in größeren Massen ausgebreitet. Einheitliche Farbenflächen: die grüne Wiese, das gelbe Getreidefeld, die purpurbraune Heide, gehören zu den großen Merkmalen des Flachlandes und sind Kennzeichen seiner Größe. Daß man bei Fernblicken wegen der Konvergenz der Sehstrahlen nie eine horizontale Linie ganz gerade, sondern immer gekrümmt sieht, so daß der Beschauer ein lang hingestrecktes Gebirge immer wie einen großen Bogen empfindet, in dessen Mittelpunkt er steht, das haben ebenfalls die alten Landschafter herausgefunden. Der in die Ferne schweifende Blick und die Sehnsucht, die zerfließen will, finden darin einen beruhigenden Abschluß.

Je einförmiger eine Ebene, je mehr dem Meere sich nähernd, desto größer ist ihr Eindruck, den höchstens noch der Gegensatz eines dahinter sich emportürmenden Gebirges verstärken könnte (s. die Abbildung, S. 684). Darin liegt die Großartigkeit des seit A. von Humboldt so oft geschilderten Grasmeeres der Llanos: „Vor uns in einem vollkommenen Halbkreis von 30 Stunden die Llanos. Es könnte kein ergreifenderer Gegensatz gedacht werden als der zwischen den massiven unentwirrbaren Kordilleren und dieser tropischen gleichartigen Ebene. Groß und majestätisch ist in seiner Einsamkeit und Geschlossenheit der Ozean; größer und ergreifender sind die Llanos. Die Fluten sind starr und tot, die Llanos sind

farbenbewegt und mannigfaltig, ein Bild des Lebens, das dem Menschen nicht seine gänzliche Ohnmacht predigt. Unzählige Ströme durchschneiden langsam die Ebene wie Silberbänder und scheinen sich in der Ferne selbst aufzurollen. Alle die Ströme sind von dichtem Urwald umgeben, so daß im Grüngrau der Grasebene neben dem Silberschimmer der Flüsse das Dunkel der Waldstreifen liegt. Und über allem liegt ein Zug von Frische, Einheitlichkeit und Geschlossenheit.“ (Röthlisberger.)

Die Erscheinungen des Horizontes muß man aus dem Landschaftsbild aussondern. Es wird dies auch darum von Wert sein, weil es Gegenden gibt, in deren Naturcharakter der Horizont ungemein viel stärker hervortritt als in anderen; es sind das selbstredend die Meere und die weiten Ebenen. Der Horizont wird hier ein Drittes zwischen den zwei gewaltigen Flächen des Bodens und der Luft. Am Horizont erscheinen und vergehen die Gestirne, erglühen und verlöschen die Lichter der Abend- und Morgenröte, die Wolken nehmen hier andere Gestalten



Ebene in der Landschaft Gran Chaco, Südamerika. Nach A. Thouar. Vgl. Text, S. 683.

an; dazu kommen Änderungen in Form und Farbe, von denen sowohl Dinge der Erde als des Firmamentes ergriffen werden. Man nennt sie zwar Sinnestäuschungen, sollte aber darüber nicht vergessen, daß sie in der Landschaft Realitäten sind. Vom Horizonte heben sich alle Dinge schärfer ab, daher der Reichtum an klar umrissenen Bildern, die sich uns in der feuchten Luft eines dem Meere benachbarten flachen Landes abzeichnen, und deren Fülle und Schönheit uns immer wieder ergreift, wenn wir auf einem freieren Punkte die ungebrochene Kreislinie dieses Horizontes in Gedanken ausziehen.

Je einfacher sich die Ebene vom Himmel abgrenzt, desto wichtiger wird alles, was über diese Grenze hervorragt. Zunächst ist ja der Horizont des Flachlandes ebenso selten eine reine Wagerechte, wie das Flachland selbst eine reine Ebene. Der Horizont ist vielmehr in der Regel eine Wellenlinie, und es ist besonders anziehend, am Rande des Gebirges diese Wellen sich immer mehr heben und zum Hügelland sich aufwölben zu sehen. Eine Baumreihe, die unmerklich ansteigt, ein Weg, der einschneidet, künden uns die Bodenwellen an, die vielleicht noch zu flach sind, um unmittelbar gesehen zu werden. Jedes Thal kommt hier zur Geltung; wenn es auch nur eine flache Rinne ist, bringt es doch neue Züge in das Bild der sich wiederholenden

Wellenhügel. Wir vertiefen uns in den Baum, den Busch, die strohgedeckte Hütte, den einsamen Ziehbrunnen. Das Ergebnis ist eine auf einförmiger Fläche reiche Entwickelung von Einzelbildern. Die Malerei hat in solchen Szenen nicht bloß die Geheimnisse der Luft, sondern auch die geheime Schönheit des Kleinen in der Natur kennen gelernt, und heute erst kommt ihr das allgemeine Naturgefühl auf Grund des Studiums desselben Flachlandes nach. Es ist noch manches zu finden, selbst in den scheinbar so armen Dünenlandschaften, die an der Ostsee bei feinerem und dunklerem Sandkorn anders als auf den Nordseeinseln, und selbst bei Scheveningen, wo sie höher und ihre Thäler tiefer und reicher bebuscht sind, wieder anders erscheinen als auf der flacheren belgischen Küste. So gibt es noch manche Variationen der Schönheiten der Moränenlandschaft zu entdecken, in deren niedrigen Hügeln man in schuttwallumkränzten Oasen, an kreisrunden „Söllen" sich von der Welt abgeschlossen fühlt, aus deren labyrinthischen Thälern kein Faden eines bestimmten Gefälles herausführt. Wohl sind alle Flachlandbildungen im großen ähnlich; das gilt besonders auch von den Prärien und Steppen. Aber in dem schmalen Streifen zwischen den Höhengrenzen von 0 und 200 m liegt eine Fülle beachtenswerter Unterschiede, aus der die beschreibende Geographie und die Landschaftsmalerei noch viel zu schöpfen haben.

---

6. Der Boden und das Leben.

Inhalt: Der Nährboden des Lebens. — Das Leben und die Bodenbildung. — Die Pflanzendecke der Ebenen, Prärien und Steppen. — Der Wald. — Die Höhengürtel der Lebensverbreitung. — Besondere Lebensformen im Gebirge. — Die Bodenformen und die geschichtliche Bewegung. - Thäler und Pässe.

Der Nährboden des Lebens.

Alle Organismen nehmen organische und unorganische Stoffe als Nahrung auf, und es gibt sonst keinen Stoff auf der Erde, der nicht in den Ernährungsprozeß organischer Wesen mit hineingezogen würde. Können auch im übrigen sehr viele Schwankungen in der Ernährung vorkommen, und kann besonders die Nahrungsaufnahme Monate und selbst Jahre unterbrochen werden, so bleibt notwendig immer die Mischung organischer Verbindungen mit anorganischen Salzen; vom Menschen angefangen, der sie zur Knochenbildung braucht, bis zur Alge, die sie als Kieselhülle ausscheidet, sind die Salze überall unentbehrlich. Es ist nicht einfach so, wie man es manchmal hinstellen hört, als ob nur die Pflanzen Salze aus dem Boden aufnähmen. Alle im Feuchten lebenden Tiere nehmen gelöste Salze unmittelbar durch die Haut auf. Höhere Tiere beziehen den größten Teil ihrer Nahrung aus dem Pflanzen- oder Tierreich oder aus beiden, aber Menschen und Wiederkäuer nehmen Salz außerdem unmittelbar auf. Die fleischfressenden und blutsaugenden Tiere gewinnen außerdem im Blut eine sehr salzreiche Nahrung. Übrigens ernähren sich Würmer und Holothurien, indem sie Massen von Sand und Schlamm durch ihren Verdauungskanal hindurchpassieren lassen, und alle körnerfressenden Vögel nehmen Sand und Steine auf, mit deren Hilfe ihr harter Magen die harten Pflanzensamen besser zerkleinert.

Demgemäß ist denn auch ein großes Ergebnis des Lebensprozesses bei vielen Lebewesen die Wiederausscheidung unorganischer Stoffe, die nur mit organischen gemengt sind. Sehr verbreitet sind tierische Ausscheidungen von kristallinischem Bau, wie die Kalkgerüste der Seelilien, und daß es derartige Ausscheidungen von außerordentlicher Massenhaftigkeit gibt, die geradezu gebirgsbildend wirken, lehrt uns der Korallenbau und die lange Reihe organogener

Gesteine vom Graphit bis zum Guano. Indem sich diese Ausscheidungen dem Boden wieder anlagern, aus dem ihre Elemente einst gezogen worden sind, entsteht aus unorganischen Stoffen ein Boden, dem organische Bestandteile beigemengt sind, und der nicht selten auch in seinen unorganischen Teilen die organische Struktur des Holzes, der Knochen, der Schalen noch bewahrt. Demnach haben wir nun zwei in der Wirkung entgegengesetzte, aber durch den Lebensprozeß verbundene Akte des Lebens zu betrachten: einmal die Aufnahme anorganischer Stoffe in den Lebensprozeß, und dann die Ausscheidung anorganischer Stoffe aus dem Lebensprozeß.

Die Pflanze braucht Salze, die sie mit ihren Würzelchen aus der Erde saugt. Das knüpft die engste Verbindung zwischen dem Leben und seinem Boden. Kali-, Natron- und Ammoniaksalze, Kalkverbindungen, Kieselsäure, die sie hauptsächlich nötig hat, sind nun weitverbreitet; die Pflanze vermöchte sie also an den meisten Standorten zu finden. Es genügt aber nicht, daß die Salze da sind; die Würzelchen müssen sie in Wasser gelöst finden, und sie müssen zu ihnen vordringen können. Deswegen ist vielfach der Gehalt eines Bodens an Nährsalzen weniger wichtig als seine Feuchtigkeit und sein lockerer oder dichter Bau. Die Zersetzung bereitet den Boden für die organischen Prozesse vor, aber das Leben selbst bleibt dabei nicht müßig. Der Fall ist selten, daß Krebse mit ihren Scheren Muschelschalen zerbrechen und damit die Sandbildung auf Korallenriffen unmittelbar befördern. Aber die gesteinsprengenden Pflanzenwurzeln, die bohrenden Muscheln, die Insektenlarven, welche Steine anätzen, die erddurchwühlenden Regenwürmer, Nager, Insektenfresser, die verkalkenden Graswurzeln, welche Röhrensysteme im Löß bilden, und vieles andere kommt hier in Betracht. Daneben kommt es auch auf die Mischung der Salze an. Kochsalz ist ein gutes Ding für Pflanzen, wenn es in ganz kleinen Mengen im Boden ist. Sobald es aber stärker vertreten ist, sterben fast alle Pflanzen ab, und es bleiben nur solche, die man als Salzpflanzen seit langem kennt. Umgekehrt nehmen zwar manche salzliebende Halophyten mit einem Boden vorlieb, der sehr wenig Salz hat; die meisten bedürfen jedoch einer bestimmten Menge in regelmäßiger Zufuhr und verschwinden von einem durchsalzenen Boden, sobald er ausgesüßt wird. Bei der Salzzufuhr verhält sich die Feuchtigkeit im Boden ganz verschieden. Heftige Regen können so viel Salz an die Pflanzen heranbringen, daß diese sterben; gibt es doch Regen, die so viel auflösen, daß nach ihrem Verdunsten eine weiße Kruste auf der Erde liegt. Anderseits zerstört oft nicht die Trockenheit selbst das junge Getreide in den Salzsteppen, sondern der Mangel an Wasser, das die in der Trockenzeit immer mehr sich verstärkende Salzlösung heilsam verdünnen würde.

Jedem Pflanzenfreund ist der Unterschied der Kalkflora von der Schieferflora geläufig. Er weiß auch, daß Huflattich gern in feuchtem Thonboden und Sandhafer gern in trockenem Sandboden gedeiht. Ein Basaltkegel ragt durch die Fülle seiner seltenen Pflanzen über alle die Keuperwellen hervor, aus denen er sich hervorreckt, und sogar über granitische Umgebungen. Es gilt von manchem von ihnen, was Albert Schmidt vom basaltischen Ruhberge bei Markt-Redwitz sagt: „Man glaubt nicht mehr im Fichtelgebirge zu sein, wenn man diese blütenreichen Waldungen durchwandert." Aber auch eine Gneiskuppe ist im Riesengebirge oder in den Vogesen anderen Pflanzen hold als ein Granitgipfel, auch ist sie in der Regel ärmer. Ja, es gibt sogar Unterschiede der Pflanzendecke, die von unwesentlichen, kaum wahrnehmbaren Gesteinsunterschieden herrühren.

Geologisch einförmige Gebiete sind in der Regel auch einförmig in Bezug auf die Pflanzendecke. Das fast ganz aus Granit bestehende Fichtelgebirge ist floristisch arm im Vergleich

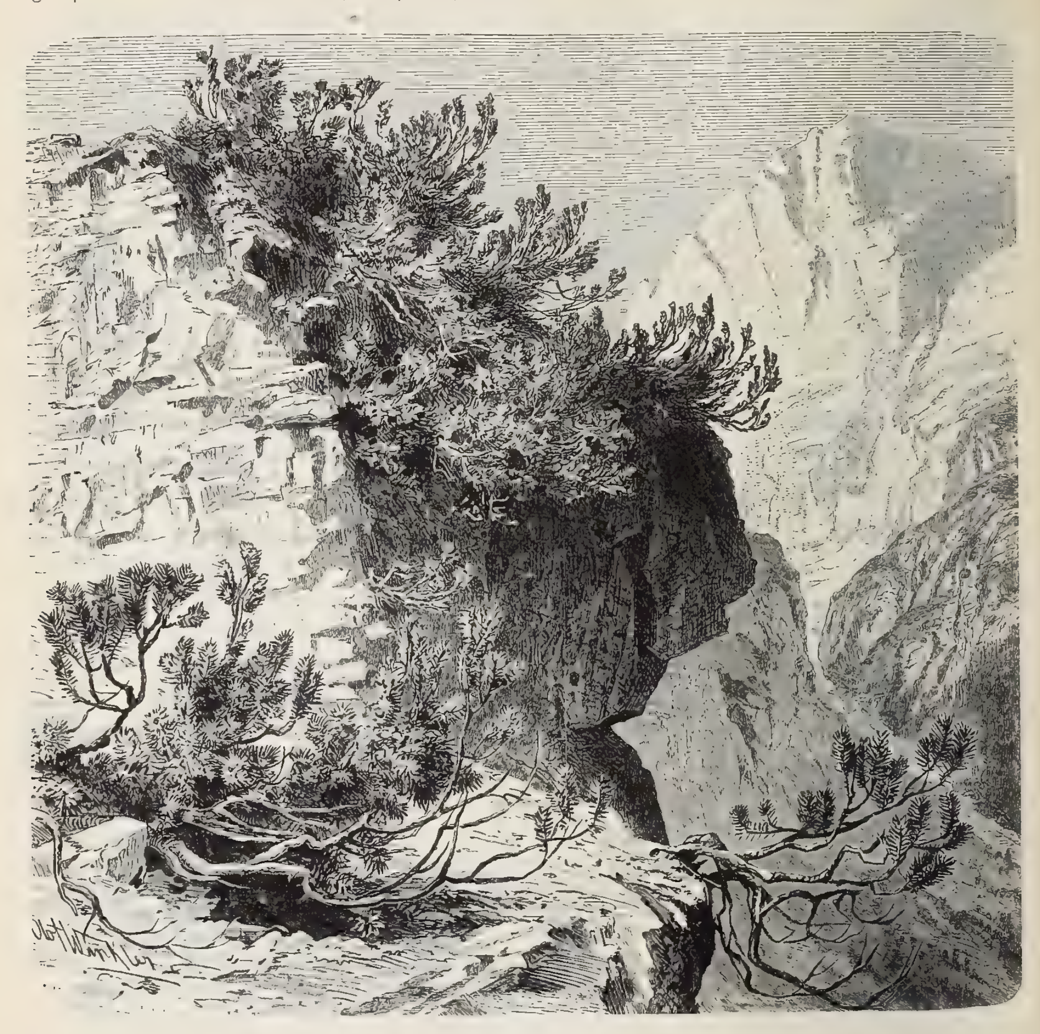
mit dem Erzgebirge. Der an manchen Stellen nicht 500 m breite Urkalkzug des Fichtelgebirges trägt Kalkpflanzen in Menge, die auf den benachbarten kristallinischen Gesteinen fehlen. Es gibt darunter Pflanzen, wie der bärtige Enzian oder die Osmunda Lunaria, die um keinen Schritt über den Kalk hinausgehen. Der Kyffhäuser mit seinem verwickelten Gesteinsbau ist das auf engem Raume pflanzenreichste der deutschen Mittelgebirge.

Es ist also keine Frage, daß man kalkstete, also auf Kalkstein mit Vorliebe wachsende Pflanzen, und in demselben Sinne schieferstete Pflanzen unterscheiden kann. Nur muß man nicht an einen ausschließenden Zwang denken, wenn man sagt: Adonis vernalis, Orchis militaris, Helianthemum vulgare, verschiedene Enziane sind kalkstet, der Huflattich, die rostblätterige Alpenrose, die Pestwurz sind thonhold, oder die schalentragenden Landschnecken sind kalkhold. Letztere gedeihen besser auf Kalk, finden aber oft auch auf anderem Boden Kalk genug, um ihr Gerüste, ihre Schalen zu bauen; denn es liegt in der Natur des Bodens, nicht rein aus einem Stoffe zu bestehen, sondern gemischt zu sein. Immerhin bemerkt man bald, wie Landschnecken häufiger auf Inseln mit Kalkboden als auf rein vulkanischen sind. Die Antillen sind das Paradies der Landschnecken, aber das vulkanische Dominica hat nur wenige und kleine. Wo annähernd reine Böden vorkommen, wie Kreide-, Quarz-, Thonschieferboden, da zeigt sich alsbald eine viel strengere Abhängigkeit der Lebewesen vom Boden. Ebenso wachsen in stark kalkhaltigen Gewässern andere Pflanzen und Tiere heran als in kalkarmen. Die Verbreitung eines so bekannten Tieres, wie der Flußperlmuschel, zeigt, daß es Abhängigkeiten dieser Art gibt, die wir nicht einmal ganz verstehen; denn es gibt zahlreiche Bäche mit klarem, nicht zu tiefem, kalkarmem Wasser, wo sie vorkommt, und ebensolche Bäche, die ganz leer sind.

Chemische und physikalische Eigenschaften des Bodens gehen Hand in Hand. Darin liegt die Schwierigkeit, die Wirkung der chemischen und die der physikalischen Eigenschaften auseinanderzuhalten. Sie wirken eben zusammen. Chemische Zusammensetzung, Verwitterung, Wasserdurchlässigkeit, Erwärmungsfähigkeit, Humusreichtum durchkreuzen einander mit ihren Wirkungen. So erklärt es sich, daß zwei Böden von gleicher Zusammensetzung verschieden und andere von verschiedener Zusammensetzung gleich auf ihre Lebewesen einwirken. Kalkgesteine geben überall zur Bildung trockener, sonniger Höhen Veranlassung, und Pflanzen, die diese Standorte lieben, treten dann wohl auch gern auf Steppenboden auf. Daraus ist aber nicht zu folgern, daß die Steppenvegetation an Kalk gebunden sei. Ähnlich gibt es auch Pflanzen, die Kalk- und Basaltboden gleichmäßig vorziehen, wie z. B. der vulkanische, kalkarme, aber trockene, schwer verwitternde Boden des Kaiserstuhls fast genau dieselbe Flora wie die Jurahügel hat. Es kommen in diesen Fällen hauptsächlich vielmehr die physikalischen Eigenschaften des Bodens in Betracht, den man sich als ein Gerüst aus schwer löslichen Stoffen vorzustellen hat, in dessen Zwischenräumen die Nährsalze in gelöstem Zustande zirkulieren. Es gibt daher lockeren und dichten, trockenen und wasserhaltigen Boden. Wenn auf Sandfeldern und in lichten Kiefernwäldern des Rheinthales bei Mainz 21 Pflanzen der ungarisch-südrussischen Steppenflora vorkommen, so haben wir darin keinen Ansatz zur Steppe zu sehen, sondern eine Folge der gleichen physikalischen Eigenschaften des Sandbodens. Diese Übereinstimmung ist etwa vergleichbar der kolossalen Entwickelung der Wurzelfasern bei kleinen Wüstenpflanzen und bei sandholden Pflanzen unserer eigenen Flora.

Die Bedeutung der Transportthätigkeit der Tiere für die Bodenveränderungen sei nicht vergessen, auf die wir in anderem Zusammenhang schon hingewiesen haben (s. oben, S. 483). Es gehört dazu auch die Arbeitsleistung der Ameisen, die nicht bloß, wie in unseren Wäldern,

Nadeln, Hälmchen und Rindenstücke, sondern Thonklümpchen zu mehr als mannshohen, turmförmigen Termitenbauten zusammentragen, die in den Kampinen Afrikas und auf den Hochsteppen des Südwestens von Nordamerika Einförmigkeit nicht aufkommen lassen. Alle nestbauenden Tiere sind Träger, Verfrachter. Das Viscacha Südamerikas hat die Gewohnheit, Haufen von Steinen, Erdklumpen, Pflanzenstengeln vor seine Höhle zu schleppen, oft so viel, wie



Legföhren im tirolischen Hochgebirge. Vgl. Text, S. 689.

ein Schubkarren fassen kann. Ähnlich arbeiten die Präriehunde in den Steppen Nordamerikas. Oft sind die von Steinringen umgebenen Nester der australischen Fußhühner beschrieben worden.

Mit solchen Arbeiten der Zerstörung geht der Schutz desselben Bodens gegen Luft und bewegtes Wasser oftmals Hand in Hand. Von den schwarzbraunen, schleimigen Algen an, die in Ostgrönland wie am Orinoko und in Zentralafrika vom Strome bespülte Felsen überziehen, auf denen sie charakteristische dunkle Streifen bilden; von den dichten Panzern von Muschelkolonien, die in der Brandungszone Klippen bedecken (s. oben, S. 400), von ähnlich auf

Brandungsklippen dicht siedelnden Schalenkrebsen (Cirripedier) bis zu der Tridacna, die mit 250 kg schweren Schalen die Spalten der Korallenriffe ausfüllt, und von den weltweit verbreiteten Lebermoosen, die dicht an Felsen angedrückt wachsen, bis hinauf zu dem Walde, der wie mit Wurzeln von Stahl einen Schuttberg allein noch zusammenhält, gibt es Schutzverhältnisse aller Art. Selbst mit Dammbauten ist dem Menschen der Biber schon vorangegangen. Am entschiedensten schützend aber wirkt der Wald, und um so mehr, je tiefer er wurzelt.

Alle Umstände des Bodenschutzes durch Pflanzenwuchs lehrt uns der dem Boden unmittelbar angeschmiegte, ja angedrückte Legföhrenwald kennen (s. die Abbildung, S. 688). Durch ihn wird ein großer Teil des Bodens der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen entzogen und dadurch ein schroffer Gegensatz zu den hellen kahlen Kalkfelsen geschaffen. Die dunkeln Nadeln und das dichte Geäst binden Wärme. Die mehr stagnierende und weniger der Austrocknung ausgesetzte Luft, die „wie in den Haaren eines Pelzes zurückgehalten wird", bewahrt Wärme und Feuchtigkeit und begünstigt das Liegenbleiben des verfirnten Schnees. Der torfartige, weiche, humusreiche Boden der Legföhrenbestände wirkt aber geradezu als Wasserbehälter; manche Quelle, die kaum 15 m unter einem frei aufragenden Gipfel sprudelt, würde versiegen, zerstörte man den darüberliegenden Zunder-(Legföhren-)bestand. (Gremblich.) Dunkle Humusablagerungen von 2, selbst 3 m Mächtigkeit sind häufig der Boden des Legföhrenwaldes, der an ihrer Weiterbildung zusammen mit den Pflanzen arbeitet, die in seinem Schutze besonders gut gedeihen. Die Spuren der auflösenden Wirkung der organischen Säuren in dem unterliegenden Kalkstein beweisen, daß man es mit torfartigen Bildungen zu thun hat.

Das Leben und die Bodenbildung.

Die organischen Reste, die beim Lebensprozeß dem Boden anheimfallen, sind in den drei Vierteilen der Erde, die mit tiefem Wasser bedeckt sind, wesentlich tierischen, auf dem trockenen Lande und in den seichten Süßwassern dagegen vorwiegend pflanzlichen Ursprunges. Dort bilden sich zoogene, hier phytogene Gesteine. In den zoogenen Gesteinen überwiegt Kohlensäure in Verbindung mit Kalk und Magnesia; wo die Reste des Lebensprozesses höherer Tiere gesteinsbildend auftreten, sei es im Guano der Seevögel, oder in der meterhohen Auffüllung des Bodens tropischer Höhlen mit den Exkrementen des Pteropus und anderer Flattertiere, überwiegt die Phosphorsäure. In den phytogenen Gesteinen überwiegt Kohlenstoff. Das entspricht der Thatsache, daß der pflanzliche Lebensprozeß auf die Anhäufung großer Massen von reinem Kohlenstoff hinarbeitet, während der tierische vielfach auf die Verarbeitung der pflanzlichen Kohlenstoffe zu Kohlenstoffverbindungen und besonders CO^2 gestellt ist. Daher haben wir als Endresultat tierischer Lebensprozesse im Erdboden die ungeheuren Lager von kohlensaurem Kalk, kohlensaurer Magnesia und phosphorsaurem Kalk, als Endresultat der pflanzlichen dagegen die Lager von Anthracit, Steinkohle, Braunkohle und Torf.

Alle Wasserpflanzen üben einen großen Einfluß auf die Bodenbildung durch Überführung wasserbedeckter Gebiete in trockene. Die Junkaceen, welche Hunderte von Quadratmeilen zusammenhängend mit Röhricht bedecken, sind darin von besonderer Wirksamkeit. Am stärksten kommt aber diese Eigenschaft in den Torfmoosen der Gattungen Sphagnum und Bryum zur Geltung, die wie porenreiche Schwämme Wasser aufsaugen, festhalten oder durch Verdunstung weitergeben. In ihnen geht durch beständig vorhandenen Wasserüberschuß die Bildung des Torfmoores in der Weise vor sich, daß in dem mit Pflanzensäuren versetzten Wasser keine vollständige Verwesung, sondern nur eine Auslaugung unter Zurücklassung des Kohlenstoffes und schwer löslicher Mineralsalze stattfindet. Indem so ein neuer, ungemein kohlenstoffreicher Boden entsteht, der bekanntlich den Bewohnern der gemäßigten und der kalten Erdgürtel willkommenes Brennmaterial liefert, werden zugleich die Bedingungen für andere Lebewesen umgestaltet. Der

torfbekleidete Boden ist den meisten Bäumen ungünstig, besonders den Laubbäumen. Daher waren die untergegangenen Wälder in unseren Mooren zum Teil ganz anders zusammengesetzt als die Wälder von heute; wir finden ganze Eibenforste in den Mooren Nordwestdeutschlands, Fichtenbestände in den baltischen Buchenländern. Der Übergang von einem mullartigen zu einem moorigen Boden ist gleichbedeutend mit einer gründlichen Veränderung des Waldbestandes. Die Bäume werden dünnlaubig, sterben ab und räumen der Heide das Feld. Die letzten Reste des Waldes auf Moorboden sind kümmerliche, oft legföhrenartig niedergedrückte Kiefern: Nachzügler einer geschlagenen Armee. Die Torfmoore umschließen eine große Anzahl von Pflanzen, die ihrer näheren Umgebung fremd sind. Die Moore der Donauhochebene zeigen Hochgebirgsformen, die des Tieflandes nordische Formen.

Da die Torfbildung klimatisch bedingt ist, hat auch der Torfboden nur eine beschränkte Verbreitung in den kalten gemäßigten und zum Teil in den kalten Zonen. Er erfordert große Süßwassermassen, die er in den Polarländern nicht findet, wo an Stelle der durch Kälte gehemmten Verwesung nur die Bildung eines torfähnlichen, trockenen Geflechtes von Wurzeln, Stengeln, Blättern und Früchten von Vaccinien und anderen Zwergsträuchern eintritt. Torf erfordert ferner eine mäßige Temperatur zur Vollendung seiner Bildung; daher fehlt er in den Tropen. Im Untergrund ist ihm offenbar das Nebeneinanderlagern durchlässiger und undurchlässiger Schichten in den Glazialablagerungen mit ihren reichlichen Thonen günstig.

Das ideale Klima für Torfbildung hat das feuchte gemäßigte Südamerika. Auf der Westküste von den Chonosinseln südwärts, auf dem Feuerland und den Falklandsinseln bedeckt Torf jede flache Stelle, während Wald die Hänge einnimmt. Auf den Falklandsinseln wird fast jede Pflanzenart, selbst das rauhe Tussakgras, in Torf verwandelt. Am meisten scheint hier die Astelia zur Torfbildung beizutragen, während Moose ebendaselbst nicht torfbildend wirken.

Bei der Humusbildung auf dem trockenen Lande ist von entscheidender Bedeutung das Verhalten des Gesteines, welches dazu die anorganischen Bestandteile liefert. Kalksteine und Dolomite haben in der Regel nur wenig beizutragen; deshalb ist hier die Bodenkrume dünn und kann sogar oft von dem darunter liegenden Felsen glatt abgehoben werden. Thonreiche Gesteine dagegen bilden eine tiefe Verwitterungsschicht, die grenzlos in das Gestein übergeht, und in welche die Pflanzen ihre Wurzeln tief hinabsenken; daher ist hier auch die Vegetation entsprechend reich und der Humusboden mächtig. „Wie scharf sticht der graue, mit trockenem Buchenlaub bestreute Boden unserer Wälder ab gegen die tiefen Moospolster, die mächtigen Farnkräuter, mit denen der Grund der Forsten im Urgebirge so weich bekleidet ist", sagt Christ, indem er den Basler Jura mit dem Schwarzwald vergleicht.

Die Pflanzendecke der Ebenen, Prärien und Steppen.

In der Vermoorung haben wir das Pflanzenleben ebenes Land neu bilden sehen. In viel mehr Fällen bekräftigt das Leben mit seinen eigenen Bildungen die vorhandenen Formen des Bodens, ergänzt oder verändert sie. Wo die Höhenunterschiede so gering sind, daß sie dem Auge fast nicht bemerkbar werden, gewinnt selbst ein Gesträuch Bedeutung für die Landschaft, während Baumgruppen wie hohe, steilufrige Inseln sich dunkel aus dem Hellgrün oder Gelb der Fläche hervorheben, und der Blick auf ein flaches Urwaldland enthüllt eine Fülle von Ungleichheiten in Höhe und Form. Weil nun die Vegetationsformen zonenartig verbreitet sind, unterscheiden sich auch die Ebenen nach ihrer Zonenlage. Wir haben Steppenebenen und Wüstenebenen in den Passatgebieten, Waldebenen und Moorebenen in den gemäßigten Zonen,



Urwald bei Herbertshöhe, Neupommern. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 692.

Waldebenen auch zu beiden Seiten des Äquators, Tundren, d. h. moos- oder flechtenbewachsene Ebenen, in den Polargebieten. Diese verschiedenen Arten schieben sich auch ineinander, und so begegnen wir der Steppe, die den Wald in Bauminseln parkartig zerlegt, und Waldstreifen, welche Steppenflüsse begleiten. Die Vegetation bedeckt nicht bloß die Ebenen, sie gleicht auch

Unebenheiten aus, indem sie flache Vertiefungen mit Wäldern ausfüllt, in Moore verwandelt. Endlich befestigt sie den Boden durch Pflanzenwuchs.

Für den Geographen liegen die Unterschiede der Pflanzendecke besonders in deren größerer oder geringerer Vollständigkeit. Er fragt sich in erster Linie, ob dieselbe eine dichte oder eine lockere Decke des Erdbodens sei, und im letzteren Falle erscheint es ihm wichtig, zu wissen, ob ihre Lücken groß oder klein sind. Die Savanne von Kordofan mit ihren Riesengräsern, über deren Halmspitzen nur eben noch der Kopf der Giraffe hervorschaut, ein Urwald von Gras,



Euphorbiensteppe in Großnamaland, Südwestafrika. Nach einer Photographie von Schenck. Vgl. Text, S. 696.

ist in dieser Beziehung das Gegenteil der ostafrikanischen Steppe, über deren kurzem Rasen von dem überall durchscheinenden Lateritboden ein roter Farbenton schwebt. Zwischen den äußersten Punkten der Lebensfülle eines tropischen Urwaldes und der Lebensarmut der Polargebiete liegen die Abstufungen der zusammenhängenden Wälder, der Galerie- und Savannenwälder, Korallenriffe und Korallenstöcke, Städte, Dörfer und Höfe. Im Meer und im tropischen Walddickicht (s. die Abbildung, S. 691) schichten sich Lebensflächen in größerer Zahl übereinander, A. von Humboldts Wald über dem Wald, und man kann von Intensität der Verbreitung des Lebens als einem höheren Grade von Dichtigkeit in demselben Sinne sprechen, wie der Statistiker dies thut angesichts der großstädtischen Übereinanderschichtung der Wohnungen in türmenden Häusern. Da aber von dem Höhenwachstum und der Form der Lebewesen die Größen und Formen abhängen, womit sie den Boden überragen, sind auch diese

bei der geographischen Beschreibung mit in Betracht zu ziehen. Wir werden also bei einem Walde nach der Dichte des Standes seiner Bäume, nach der Intensität der Bedeckung des Waldbodens mit anderen Lebensformen, wie Unterholz, Lianen, Strauchwerk aller Art, nach der Höhe der ganzen Vereinigung und nach ihrer allgemeinen Form, wie Laubwald, Nadelwald, Legföhrenwald, Palmenwald, Mimosenwald, fragen. Darüber hinaus liegt die Frage nach den einzelnen Pflanzenarten, die den Wald bilden, und nach der Physiognomie des Waldes, die mit fast jeder einzelnen Baumgattung wechselt. Sie ist Gegenstand der historischen Biogeographie und der Landschaftskunde.

Die Lebensarmut der Wüsten und der niedere Pflanzenwuchs der Steppen sind mit verschiedenen Bodenformen und Höhenlagen vereinbar. Die Steppe steigt in manchen Teilen der innerasiatischen und amerikanischen Westgebirge hoch hinauf, und den Altai überzieht sie sozusagen. Aber es ist natürlich, daß das ihnen eigene Merkmal der Einförmigkeit am besten zur Geltung kommt in den nach Höhe und Bodengestalt einförmigsten Landschaften, den Ebenen. Stärkere Unterschiede der Höhenlage und Bodengestalt begünstigen klimatische und hydrographische Verschiedenheiten. So unzutreffend die Ansicht ist, daß Wüste und Steppe nur als Ebenen zu denken seien, so sicher ist es, daß die Wüste pflanzenreicher wird und die Steppe sich mit Baum oder Gebüsch bekleidet, wo größere Unebenheiten eintreten. Emin Pascha sagte einmal vom Schulilande: „Hohes Gras findet sich in Fülle, und gerade diese gleichförmige Bedeckung des sonst welligen und hügeligen Landes läßt es stellenweise wie eine weite Savanne erscheinen“.

Mitten in der Prärie von Texas treten zwei Waldstreifen hervor, die an Sandsteinrücken gebunden zu sein scheinen, welche durch Denudation hervorgetreten sind. Nicht der Sandstein als Stoff, sondern als Unterlage von besonderer Beschaffenheit kommt den Eichen zu gute, die den größten Teil dieser texanischen Wälder bilden. Auf ähnlichen Vorkommnissen beruht der Sprachgebrauch der Spanier, den Waldstreifen am Saume der Pampas „Monte“ zu nennen.

Die Steppe ist weder das Erzeugnis eines alten Meeresbodens, noch ist sie durch wiederholte Waldbrände entstanden. Ihr schwarzer Boden ist auch nicht die Folge einer torfartigen Vegetation. Sie ist auch nicht einfach ein Erzeugnis großer Ebenen. Aber alle Ebenen sind ihrer Entstehung nach von einförmiger Bodenart und Bodengestalt und begünstigen daher die Ausbreitung einförmiger klimatischer Bedingungen.

Wesentlich klimatisch ist die Abstufung der Steppen. In regenreichen Gebieten erscheinen die Wiesenländer mit ihrem geselligen Wuchse weicher, niedriger Kräuter und Gräser, wie in den Prärien Nordamerikas, den Llanos des nördlichen, den Pampas des südöstlichen Südamerika, den Matten der Hochgebirge. Ein großer Teil der 3500 Grasarten, welche die Pflanzenkundigen unterscheiden, beteiligt sich an der Zusammensetzung dieser Grasnarbe. Nicht immer bleibt sie wiesenartig kurz. In den Prärien Nordamerikas bilden die Epilobien, in den Wiesenfluren Sibiriens die Angelica Staudenfelder im Grase.

In den Niederungen der unteren Donau wächst das Rohr Glyceria zu Halmen von 1,5 m, worüber noch Rispen von 1/3 m Länge hinausragen. Hartmann sah in der Bajudasteppe (Nubien) Gräser, welche den Kopf eines Kamelreiters überragten. Er vergleicht die Savanne in der trockenen Zeit „einem enggesäeten, unermeßlichen Kornfelde“. Der Eindruck des Getreidefeldes wird verstärkt durch die Artenarmut. Steppen sind arm an Arten, ihre Pflanzendecke ist einförmig. Das Savannenland Kordofans zählt 20—25 verschiedene Pflanzen, während an den Nilufern östlich davon die dreifache Zahl sich findet. Eine ganze Anzahl von Gräsern kommt in dieser Savanne vor, deren Körner nahrhaft sind und in Dürrezeiten zu Brot verbacken werden.

Die Hochebenen sind häufig vegetationsarm. Felsiger Boden, Mangel an Wasser, niederschlagsarmes Klima erzeugen Waldlosigkeit, Steppen und im Extrem Wüsten. Die ausgedehntesten



Hochsteppe bei Persepolis in Persien, mit Stachelrasen und dornigen Tragantsträuchern. Vgl. Text, S. 695.

Wüsten auf der Erde sind auf den Hochebenen Nord- und Südafrikas, Innerasiens und des westlichen Amerika zu suchen. Daher kommt es, daß die in den Tropen durch ihr kühleres Klima der Kulturentwickelung günstigen Hochebenen in den gemäßigten Erdgürteln zu den kulturärmsten Ländern gehören. Man vergleiche das von spärlichen Nomaden durchzogene Innere Kleinasiens mit der reichen und mannigfaltigen Kulturentwickelung an allen seinen Rändern, besonders der süd- und westwärts gewendeten, oder man vergleiche die durch die Fülle ihrer Dorngewächse ausgezeichneten Wüsten Irans (s. die Abbildung, S. 694) mit den iranischen Kulturoasen, die Gobi oder das Ordosland mit China, Tibet mit Indien. Nur die Oasen der



Kalifornische Thallandschaft. Nach Photographie. Vgl. Text, S. 696.

Hochebenen erinnern an die Fülle eigenartiger Lebensentfaltung in den Thälern von Gebirgen entsprechender Höhe.

Von den äußersten Vorposten der Pflanzenwelt des Landes im hohen Norden bis in die Tropen bilden die Heidekräuter, Erikaceen, zu denen die heidel- und preißelbeerartigen Sträucher oder Vaccinien gehören, gesellige Vereinigungen von weiter Ausdehnung: Heiden. Indem sie auch bei kleinem Wachstum reichliche, dichte Holzteile und schwer verwesende Blätter entwickeln, tragen sie zur Bodenbildung wesentlich bei. Sie wirken wie ein kleiner Wald. Gleich der Prärie und Steppe gedeihen sie am besten in weiten Flach- und Wellenländern, bekleiden aber in der gemäßigten Zone selbst noch Berghänge, z. B. in Wales und im schottischen Hochlande. Das Küstenklima ist ihrer Ausbreitung günstig. Grönland hat noch 16 Erikaceen, zu denen Arctostaphylos, Ledum, Empetrum, Preißel- und Moosbeere gehören; sieben davon finden sich noch in der nördlichsten Verbreitungszone von 76—83°.

Im trockenen Klima erscheinen auch Gräser, aber harte, gemischt mit Pflanzen, die der Trockenheit trotzen: Zwiebelgewächse, Kaktus, Euphorbien (s. die Abbildung, S. 692), Agave, und allmählich übergehend in den geselligen Wuchs der entschieden Trockenheit liebenden Artemisiasträucher, welche die in der Alten und Neuen Welt verbreitete Wermutsteppe bilden. Das häufigere Auftreten von blattarmen Melden und echten Salzpflanzen zeigt den Übergang zur Wüste an. Am meisten prärieähnlich und als Wiese den Hirten noch zugänglich ist die Kampine, die in allen Klimaten mit sehr ungleicher Regenverteilung auftritt: prärieähnlicher, oft sehr kräftiger Graswuchs mit zerstreuten Bäumen (s. die Abbildung, S. 695). Derart ist z. B. die Prärie des äquatorialen Afrika, der kurze Graswuchs der ebenen und welligen Tafellandoberflächen, der sich scharf abhebt von den dunkeln Streifen und Flecken des in die Vertiefungen zurückgedrängten Waldes, „ähnlich wie in Norddeutschland ein Kornfeld von der Lisière des angrenzenden Waldes" (Pogge). Der Graswuchs ist immer niedriger auf den höheren und trockenen als auf den feuchten Stellen; wo aber Quellen hervorbrechen, steht der Wald. Wohl mit der Verbreitung der Bodenfeuchtigkeit hängt das zerstreute Wachstum von Akazien und Palmen, einzelner oder ganzer Gruppen, zusammen, die aus der Kampine die Baumsavanne machen. Im Hochland Innerbrasiliens, wo unter ähnlichen klimatischen Bedingungen die gleichen Formen der Pflanzendecke wiederkehren, unterscheidet man von den Campos limpos oder descobertos (offenen Flächen mit büschelartigem Krautwuchs) die Campos cerrados, die Gebüsche und kleine Bäume zerstreut tragen.

Wenn wir in Mitteleuropa so tiefgehende Gegensätze wie Steppe und Wald nicht oder nicht mehr sehen, so zeigt doch selbst im Gewande der Kultur unsere Pflanzendecke immer noch ihre Unterschiede, die zum Teil alt sind. Wir haben in den mit Eiszeitschutt bedeckten Hügelländern Norddeutschlands die Sandhöhen und die Moränenhügel kennen gelernt (s. oben, S. 625). Der natürliche Unterschied dieser Landschaften, ohnehin groß, ist durch die Kultur noch ungemein gesteigert worden: in dem kuppen- und beckenreichen Moränengelände Holsteins treten mannigfaltige Ackerfelder, Höfe, Dörfer, große und kleine Buchenwälder, endlich die Felder und Wiesen voneinander trennenden Hecken, Knicks, auf; dagegen auf dem Mittelrücken unabsehbare weite, ebene Flächen mit breiten, durchaus westwärts ziehenden Rinnsalen, Heide, Moor, Kiefernwald, wenige und ärmliche Siedelungen ohne Knicks.

Der Wald.

Unter allen Lebensformen wirkt der Wald am stärksten als Teil des Bodens, auf dem er steht. Flachländer werden durch ihn uneben, thaldurchfurchte Tafelländer eben gemacht. Seine Wurzeln halten den Boden zusammen, seine Zweige, Blätter, Nadeln schützen und nähren ihn. Der Wald hindert die unmittelbare Wirkung des Windes und der Niederschläge auf den Boden. Der Wald stellt sich dem Ausbreitungstrieb der Völker stärker entgegen als die Gebirge, denn er macht den Boden selbst ihm streitig. Die Kultur der alten Peruaner reichte vom Meere bis auf Hochländer von mehr als 4000 m, aber sie machte an dem Urwald Halt, der den feuchteren östlichen Andenabhang bekleidet. Die Menschen konnten schwer gegen den Wald ankommen, solange sie nur Werkzeuge aus Stein und Bronze hatten. Die Natur arbeitete jedoch für sie mit dem Blitz, der Waldbrände entzündete, und dann ahmten sie ihr nach, wie denn die Waldlichtung durch Brand auf allen Stufen der Kultur vorkommt. Dabei mußten je nach dem Klima verschiedenartige Wirkungen eintreten. Im feuchten Klima wuchs neuer Wald aus der Asche empor, der aber aus anderen Bäumen bestand, so wie man im südlichen Nordamerika

findet, daß die Wälder der Brandstätten immer ärmer an Tulpenbäumen, Weißeichen und Sumpfföhren werden. Im trockenen Klima zerstört das Feuer die Wurzeln und Keime bis in den Boden hinein, und diesem Wald folgt höchstens eine Gebüschvegetation.

Auch Überschwemmungen töten Bäume, an deren Stelle Sumpf und Moorland tritt, das sich zum Walde verhält wie die Ebene zum Gebirge. Dieser Vorgang schuf Raum und Licht im Walde, ließ Wiesen entstehen und bewirkte mit vielen anderen Lebewesen auch für den Menschen leichtere Lebensbedingungen. In echten Waldländern, wie das alte Mitteleuropa eines gewesen sein muß, boten diese natürlichen Lichtungen Ansatzstellen für die Kultur, von wo sie ihren Weg weiter fortsetzen konnte, der zu einem guten Teile ein Kampf mit dem Walde war. Länder, die ursprünglich mit Ausnahme der Küsten und Flußufersäume bewaldet gewesen waren, haben in diesem Kampfe drei Vierteile und mehr von ihrem Walde verloren. Damit ist nicht bloß ihre Oberfläche eine andere, ihre Pflanzenwelt und ihr Tierleben umgestaltet, sondern auch ihr Boden, der seines Schutzes verloren ging, verändert worden. Dabei konnten auch Klima und Bewässerung nicht dieselben bleiben.

Die Kultur vernichtet aber nicht bloß Wald, um Wege und Raum für Siedelungen, Äcker und Wiesen zu gewinnen, sondern für sie ist der Wald auch Handelsartikel und Rohstoff für gewerbliche Zwecke geworden. Ein unbestimmter Trieb, Wald zu vernichten, hat sich in ganze Völker eingelebt und dem Südosten und Süden Europas mit Waldverwüstung zugleich Klima- und Bodenverschlechterung, Unfruchtbarkeit, Wassermangel und wiederkehrende Überschwemmungen gebracht. Für diese und für manche andere Länder, deren Wälder unbedacht niedergeschlagen wurden, ist die Neuschaffung von Wald Existenzfrage.

Ganz verschieden steht es nun aber mit der Frage der Bewaldung in den eigentlichen Wüstenländern und in deren Randgebieten, die einen oft kräftigen, wenn auch nicht baumartigen Waldwuchs erzeugen. Dort, wo nicht bloß die Bäume fehlen, sondern auch die Sträucher und Kräuter, die ihnen den Boden zubereiten könnten, wo der Boden nur noch ein Minimum von organischen Bestandteilen enthält, wo der durch keine organische Faser gebundene Sand weithin die Oberfläche beherrscht, wo Wüstenbildung als Folge einer in den Gesetzen der Regenverteilung begründeten Wasserarmut erscheint, da ist an Wiederbewaldung nicht zu denken. Solche Länder sind in vorgeschichtlicher Zeit grün, vielleicht sogar waldreich gewesen, wahrscheinlich war die ganze nordafrikanisch-westasiatische Wüstenzone so, als Europa ein subpolares Klima hatte. Insofern haben die Beduinen der syrischen Wüste recht, wenn ihnen aus grauer Vergangenheit die ganze Wüste in grünem Gewand leuchtet. Wenn sie aber für den örtlichen Verfall der Kultur einen allgemeinen Rückgang des Klimas verantwortlich machen, irren sie sich. Weil Salomos „Weingärten von Egedi“ verschwunden sind, weil von Jerichos Palmen nur noch zwei stehen, weil die Gärten aus der Kreuzfahrerzeit im Jordanthale vertrocknet sind, glauben sie, es sei einst alles bebaut gewesen. Aber nur die letzten Ausläufer einer fernen besseren Zeit der Wüste haben vielleicht noch in die geschichtliche Zeit hereingeragt.

Schon die Unmöglichkeit, den ursprünglichen Wald genau so wieder großzuziehen, wie die Natur ihn gemacht hatte, zeigt, wie empfindlich der Wald gegen Änderungen des Bodens und Klimas ist. Um einen geschichtlichen Boden genau zu rekonstruieren, müssen wir auch einen Wald wieder herstellen, der anders war als heute und im Laufe vorgeschichtlicher Jahrtausende noch viel größere Veränderungen erfahren hat. Um also die Vorgeschichte des Menschen auch nur auf dem Boden Mitteleuropas zu verstehen, müssen wir zuerst die Frage beantworten können: Wie hat auf den eiszeitlichen Ablagerungen der Humus sich entwickelt? Wie ist der deutsche

Wald- und Ackerboden aus der postglazialen Steppe entstanden? Und wie ist diese Steppe aus einer tundraähnlichen Pflanzendecke hervorgegangen, die vor ihr große Teile des deutschen Bodens bedeckt hatte? Ohne Zweifel folgte der Baumwuchs der Steppe, als sie sich nach Südosten zurückzog, nicht mit dichten Forsten, sondern, wie überall, wo er in die Steppe übergeht, in Gestalt jener Parklandschaft aus Baumgruppen und Einzelbäumen, die wir aus Südrußland und Nordamerika kennen, wo sie mit ihren großen natürlichen Lichtungen der Bodenkultur den günstigsten Boden bietet. Mußten sie nicht auch im alten Europa die Aufgabe des Ackerbauers erleichtern, der im Zeitalter des geschliffenen Steins den jungfräulichen Boden zum erstenmal zu ritzen begann? Die Moorfunde und die Kjökkenmöddinger zeigen uns Fichtenwälder, wo heute Buchen rauschen, und in den Ebenen lebte von Fichtensprossen der Auerhahn, der nur noch im Gebirge vorkommt. Die Eibe, deren Holz als „Bogenholz" einen wichtigen Gegenstand der deutschen Ausfuhr im Mittelalter bildete, ist aus unbekannten Gründen verschwunden, und im Hochgebirge können wir die Zirbenbäume, Reste einstiger Wälder, zählen. Auf gletscherfrei gewordenem Boden sehen wir die Lärche in lockeren Hainen sich neu ansiedeln, und unser Gebirgsahorn bildet auf Schutthalden und geröllbedeckten Thalböden die lichten Haine voll prächtiger Einzelbäume, die man „Ahornboden" nennt, und die von der Volkssage auf römische Anpflanzungen zurückgeführt werden, weil die Regelmäßigkeit ihrer Verteilung den Eindruck des Planvollen macht.

Die Höhengürtel der Lebensverbreitung.

Die Verbreitung des Lebens auf der Erde hängt von der Abnahme der Wärme und des Luftdruckes mit der Höhe und, in den meisten Fällen, von der Zunahme der Niederschläge mit der Höhe ab. Geographisch bedeutet das, daß man klimatische Höhenzonen unterscheiden muß, so wie man zonenförmig gelagerte Klimaunterschiede zwischen dem Äquator und den Polen abgrenzt. Ebendeshalb sehen wir auch die Lebensbedingungen mit der Höhe sich verändern; das reichste Leben quillt und blüht in den Tiefen, in großen Höhen wird es arm wie an den Polen, auf den höchsten Himalayagipfeln wird es aller Wahrscheinlichkeit nach fast schon auf dem Nullpunkte stehen. Die größten Städte der Menschen liegen alle im Tieflande: London, New York, St. Petersburg auf der Höhe des Meeres, Paris, Berlin 25 und 30 m über dem Meere. Wien, Peking, Moskau sind die einzigen großen Hauptstädte von bedeutenderer Höhenlage. München und Madrid stehen in Europa allein mit ihren Höhen von 510 und 640 m. Die kleinen Siedelungen der Menschen gehen viel höher, überschreiten aber in den Alpen, von Höhenstationen mit einzelnen Bewohnern abgesehen, wie der Sonnblick mit seiner meteorologischen Station in 3107 m, nicht die Höhe von 2500 m, in der die Cantoniera Santa Maria am Südabhange des Ortler liegt. Im Kaukasus liegt die höchste Siedelung, Kurusch, ebenfalls in 2490 m. In beiden Fällen sind es bezeichnenderweise Orte an großen Gebirgsstraßen, die so hoch in die Höhe steigen; die Stilfser Joch-Straße überschreitet das Gebirge bei 2760, die Grusinische Heerstraße den Kaukasus bei 2360 m. Die Höhe der Dörfer fällt im allgemeinen mit den obersten Getreidefeldern zusammen und erreicht in den Zentralalpen selten 2000 m. Tirols höchstes Dorf, Obergurgl, liegt in 1900 m, das zweithöchste, Vent, in 1890 m. An einzelnen Erhebungen geht der Mensch viel weniger hoch mit seinen dauernden Wohnstätten, am Ätna, wo die Dörfer bei 710 m aufhören, nicht über 1500 m. Dauerndes Leben in Höhen von mehr als 4000 m, wo auf tibetanischen und peruanischen Hochebenen noch Hirten ihre Herden weiden, ist vielen einzelnen Menschen nicht auf die Dauer möglich. Die sogenannte Bergkrankheit befällt manche schon in geringeren Tiefen: es scheint weniger die Luftverdünnung zu sein, der sich unser

Organismus durch Erweiterung des Brustkorbes mit der Zeit doch anpaßt, als der Sauerstoffmangel, der den Menschen von dauerndem Aufenthalt in überalpinen Höhen ausschließt.

Ebenso sind auch Tieren und Pflanzen Höhengrenzen gezogen. Die Buche übersteigt in den Alpen selten 1000 m, die Fichte aber findet man noch in 2000 m, und die Lärche geht noch darüber hinaus, bildet in vielen Teilen der Alpen jenseits 2000 m die letzten Vorposten des Baumwuchses. Groß ist unter Tieren und Pflanzen die Zahl der Tropenbewohner, welche die Höhe von 500 m nicht überschreiten. Es ist für das Leben der Menschen höchst wichtig, daß dazu Kulturpflanzen wie Zuckerrohr, Kaffee, Kakao, Baumwolle gehören. Den vollen Reichtum tropischer Natur finden wir nur unterhalb dieser Linie. Indem sich über dem Tropenwalde die lichten Wälder der gemäßigten Höhenzone hinziehen, durch Eichen und Nadelhölzer oft an unsere mitteleuropäischen erinnernd, und darüber die baumlosen Wiesen und Steppen, entsteht eine Dreiteilung, die wegen ihrer Beziehung zum Leben des Menschen im tropischen Amerika allgemeine Verbreitung gefunden hat, in Tierra caliente, templada und fria, ungefähr durch die Höhenzahlen bis 500, bis 2000 und über 2000 m bezeichnet. Dadurch, daß die Niederschläge nach obenhin zunehmen, verwickelt sich die Erscheinung der Höhenzonen. Aus Wüsten ragen die regenreicheren Hochländer als pflanzen- und menschenreiche Gebiete empor. Die Andenhochebenen Südamerikas sind in den Höhen von 1500—3000 m in der Regel dichter bewohnt als in den wärmeren Zonen weiter unten; dasselbe wiederholt sich in Mexiko. Die größten Städte und Hauptstädte dieser Länder: Mexiko, Bogotá, Quito, liegen über 2000 m, und ebenso war die alte Inkahauptstadt Cuzco hoch gelegen. Man kann sagen: in allen trockenen und warmen Klimaten wächst der Kulturwert und der geschichtliche Wert des Bodens mit der Höhe. Dagegen hören wir es schon in den Felsengebirgen des mittleren Nordamerika als den Vorzug Montanas preisen, daß es durch das Herabsinken der Gebirgshöhen berufen sei, Ackerbauland zu werden.

Ob nun bei der Gliederung in Höhenzonen die Wärme oder die Feuchtigkeit das vorwaltende Motiv ist: stets wird ihre Übereinanderschichtung zu einer Bereicherung des Lebens im ganzen führen. Das Tiefland hat nur eine einzige Lebensschicht, das Hochland hat, von den Polen an zunehmend, soviel mehr Lebenszonen, als es Höhenzonen hat. Die Polarzone hat nur Leben an den Küsten, die Tropenzone von der Küste bis zu Hochgebirgshöhen. Ein Leben entsprechend demjenigen des Küstensaumes in den Polargebieten, kehrt in den Hochgebirgen der gemäßigten und heißen Erdgürtel wieder. Eine Grasmatte von der Üppigkeit und Zusammensetzung der Alpengrasmatten findet man in Island in geringer Höhe, und damit ist auch die isländische Viehwirtschaft der alpinen verwandt. Wer hätte nicht schon in den Alpen sich an der Steigerung des Lebens erfreut, wenn auf den reichbewohnten Thalkessel von Innsbruck eine zweite Kulturlandschaft vom Mittelgebirge herabschaut? Aber in den Anden und im Himalaya durchmißt man mindestens vier Zonen zwischen dem Fuße des Gebirges und 4000 m: die des Urwaldlebens, der großen Städte, des zerstreuten Ackerbaues, endlich des Hirtenlebens der Hochebene.

Das Leben ist in beständiger Bewegung nach oben und unten. Die Wege der Lebensformen, die aus den Thälern bergwärts streben, kreuzen sich mit denen, die von den Bergen hinabdrängen. A. von Humboldt sah den großen Geier der südamerikanischen Hochebenen, den Kondor, noch über dem Gipfel des Chimborasso schweben; und welcher Bergwanderer wäre nicht schon erstaunt gewesen über die Menge von Insekten, welche die großen Blüten der Hochgebirgspflanzen umschwirren? Berg- und Thalwinde und hinabfließende Bäche kommen diesen Bewegungen zu Hilfe. Aufsteigende Luftströme führen große Käfer, Schmetterlinge, Heuschrecken in die Firnregion und bestreuen die weißen Flächen oft so dicht damit, daß kaum ein Quadratzoll

ohne Lebensreste bleibt. Umgekehrt steigt aber auch das Leben aus den Höhen in die Tiefen; die Gemsen kommen im Winter bis an die Wohnstätten der Menschen, die Pflanzen des Hochgebirges wandern mit und an den Bächen bis über den Fuß des Gebirges hinaus, wo unter günstigen Bedingungen Legföhren und andere Alpenpflanzen auf den Mooren der Bayrischen Hochebene Fuß gefaßt haben. So wandern mit dem rutschenden und rollenden Schnee der Lawinen Pflanzen thalabwärts, die der Hochalpenregion angehören, z. B. Ranunculus alpestris, Soldanella alpina und pusilla, Dryas octopetala, Arabis alpina, Linaria alpina, Saxifraga oppositifolia, Alnus viridis und noch viele andere, die sich zum Teil von den Bergen noch weit hinausziehen. Die lechabwärts wandernden Alpenpflanzen zählen nach Caflisch 85 bei Lechbruck, 57 bei Kinsau, 46 bei Augsburg, 22 Arten bei der Lechmündung. Die Entfernungen dieser Punkte vom Fuße der Alpen sind 18, 36, 100, 140 km.

Indem diesen Bewegungen Halt geboten wird, brechen sie in der Regel nicht plötzlich ab, sondern bezeichnen die Richtung ihres Vorschreitens durch eine Anzahl von *Vorposten*, die über die geschlossene Linie des Waldes, der Matten, kurz über die Verbreitungslinie aller geschlossenen Verbände hinausgehen. Die Hauptwelle ist im Vorschreiten gehemmt worden, aber sie zittert nun in weiter hinausgeworfenen, niedrigeren Wellenringen über den Ort des Stillstandes hinaus. Die Masse kann die Bewegung nicht fortsetzen, die einzelnen Glieder der Masse übernehmen dieselbe vermöge ihrer Fähigkeit, günstige Bedingungen in räumlich beschränktem Vorkommen auszunützen. So wie wir deshalb außer der *Firngrenze* die *Firnfleckengrenze* bestimmen, die tiefer liegt, so haben wir außer der *Waldgrenze* auch die *Baumgrenze* zu messen. Die Verdoppelung des alten, allzu einfachen Begriffes der Firngrenze in klimatische und orographische Firngrenze ist also nichts Vereinzeltes oder Besonderes, sondern wiederholt sich auch bei jeder organischen Höhengrenze, weil sie im Wesen der Höhengrenze als des Saumes einer allmählich abnehmenden Bewegung liegt.

Sehr schön zeigt besonders der Gürtel von Baumgruppen und wetterzerzausten Einzelbäumen zwischen Wald- und Baumgrenze dieses Nachzittern der gehemmten Bewegung (s. die beigeheftete Tafel „Arven"). So stehen im Grand Torrent oberhalb Villa (Bagnethal, Wallis) die drei letzten Lärchen bei 2060 m, ein lichter Hain derselben Bäume reicht bis 2025 m, der geschlossene Lärchenwald endet 300—400 m tiefer.

Besondere Lebensformen im Gebirge.

Mit den Höhenunterschieden verbindet sich der Reichtum der Bodenformen im Gebirge und selbst schon im Hügellande zur Erzeugung *mannigfach abgestufter Lebensbedingungen*. So beschränkt auch der Raum einer Höhle, selbst einer Nische in einem Abhange sein mag, so scharf trennt sich doch ihre Vegetation von derjenigen der Umgebung. Viel stärker wirkt aber der Gegensatz der Berge und Thäler und in den Thälern wieder der Terrassen und der Thalsohlen. Für die Verbreitung der Menschen bedeuten die höchsten Berge, die oft noch wichtig für die Verbreitung anderer Lebensformen sind, nichts, aber die Gebirge im ganzen haben ihre eigenen Völker, wie wir im Kaukasus, im Himalaya, in den Hochländern Amerikas sehen. Die Notwendigkeit starker körperlicher Bewegung, die reinere und dünnere Luft, der Kampf mit einer rauhen Natur rief den Typus des Gebirgsbewohners hervor, der als Eidgenosse, Tiroler, Korse, Ghurka (Bhutan), Tscherkesse seine Unabhängigkeit verteidigt, dabei zu eigenen Staatenbildungen gelangt, denen das Gebirge Halt gibt, und mit seiner aufgesammelten Kraft über das Gebirge hinausgreift. Ein anderer Typus ist derjenige der in die Gebirge geflüchteten oder auf die unwirtlichsten Teile der Gebirge beschränkten Völker: die Vedda Ceylons, die Lappen. Auch manche Völkerreste des Kaukasus und zum Teil die Basken danken dem Schutze des Gebirges ihre Erhaltung.



Arven (Pinus Cembra *L.*) an der oberen Baumgrenze in den Alpen.

Nach der Natur gezeichnet von Ernst Heyn.

Groß ist die Zahl afrikanischer Völker, die von hochgelegenen Wohnsitzen herab ihre tiefer wohnenden Nachbarn beherrschen oder wenigstens berauben. In Deutsch-Ostafrika liegen uns die Beispiele der Wadschagga am Kilimandscharo am nächsten, doch liefert Dar For wohl das größte Beispiel, denn der Kern seiner Geschichte ist die Wechselwirkung zwischen den Bewohnern des Gebirges und des flachen Landes: jene sind Ackerbauer und geschickte Gewerbsleute, die in ihrem Gebirge dicht beisammen sitzen, diese als Hirten locker und beweglich über ihr weites, von der Natur ungleich begünstigtes Land verteilt. Ein derartiges Verhältnis wiederholt sich im Sudân mehrfach. Vom Westsudân kann man sagen: jedes in der Fulbeüberschwemmung freigebliebene Völkchen muß man im Gebirge suchen.

Solche Beispiele haben die Neigung bestärkt, in den Gebirgen die Urheimat der Völker zu suchen. Man konnte sich dabei an die weitverbreitete Paradiessage anlehnen. Daher wurde die Lehre von der Gebirgsheimat auf Gebiete übertragen, wo sie ganz unberechtigt ist. So verlegte Ritter die Heimat der Buschmänner in das Quellgebirge des Oranje. Einer Zeit, die der Sündflut eine große Bedeutung für die Völkerteilung und -verbreitung zuwies, erschienen aber vor allem die Gebirge Innerasiens vorzüglich geeignet zur Zufluchtsstätte der Reste der Menschheit. Ein Nachklang dieser Ansicht ist die Vorliebe, mit der man auch Europas Völker ausnahmslos aus Asien herleitete. Selbst Pallas suchte aus ähnlichen Gründen die Wiege der Menschheit an den Südabhängen der Gebirge Asiens, von wo die Urvölker in die kaum trocken gewordenen Tiefländer von Indien, China und Mesopotamien herabgestiegen seien.

Die Pflanzen- und Tierverbreitung zeigt uns zahlreiche Beispiele von Wanderungen in den Höhen eines Landes, auf Gebirgen und Hochebenen, unabhängig von der Ausbreitung des Lebens im Tieflande. Sie zeigt uns sogar Fälle von zwei Ausbreitungen übereinander in verschiedenen Höhenstufen. Auf den Hochebenen von Mexiko wandern Steppenpflanzen Nordamerikas bis an die Schwelle des tropischen Mittelamerika, und in den Gebirgen Mexikos ist eine Waldflora von Tannen, Föhren und Zedern südwärts gewandert. Im Tieflande lebt dort eine Pflanzen- und Tierwelt, die südamerikanischen Ursprungs ist, während im Hochlande sich Pflanzen und Tiere nordamerikanischen Ursprungs eingebürgert haben. Dabei kann es sich ereignen, daß Organismen, die weiter polwärts im Tieflande wohnten, indem sie äquatorwärts wandern, im kühleren Hochlande die alten Lebensbedingungen suchen. In der Völkerverbreitung Europas bieten die Lappen ein merkwürdiges Beispiel hierfür. Sie weisen zugleich auf die Eigenschaft des Gebirgsbaues hin, die für solche Höhenwanderungen Bedingung ist: die Selbständigkeit des Kammes, der breit genug sein muß, um eine besondere Landschaft zu bilden. Je schmäler der Gebirgskamm ist, desto entschiedener trennt das Gebirge nur, je breiter der Kamm, desto mehr werden seine Höhen Durchgangsgebiet und unter Umständen sogar selbständiges Wohngebiet. Am Tiënschan ist es anziehend zu sehen, wie er zwar die ansässigen Völker trennt, so wie das skandinavische Hochland Norweger und Schweden; aber die Hirten, die im Sommer dem zurückweichenden Schnee nachrücken, treffen aus allen umliegenden Steppen auf seinen Höhen zusammen. Sie haben sich nicht festgesetzt in seinen Hochthälern, sondern ihren Nomadismus in das Gebirge und darüber hinausgetragen.

Es gibt Organismen von so beschränkter Verbreitung, daß man ihr Wohngebiet, ohne zu irren, auf einem Globus mit einem Punkte bezeichnen kann. Und dieser Punkt liegt entweder in einem Gebirge oder in einem Wald oder auf einer Insel. Tiere und Pflanzen, die dem Aussterben entgegengehen, verlieren zunehmend an Raum, bis sie endlich nur noch in einem engen, leicht übersehbaren Gebiete vorkommen. Wie ist der Steinbock, die Gemse, selbst der Hirsch zurückgedrängt: ihre letzte Heimat sind Gebirge. Seit Jahrhunderten ist das Gebiet des europäischen Bison oder Wisent eingeengt worden, bis dieses einst über ganz Nord- und Mitteleuropa

verbreitete Säugetier jetzt nur noch in einem kleinen Teile des Kaukasus wild vorkommt. In ähnlicher Weise ist das Gebiet des amerikanischen Bisons oder Büffels erst in den letzten Jahrzehnten so sehr eingeengt worden, daß dieses Tier wild nur noch westlich vom Athabasca im Felsengebirge des britischen Nordamerika zu finden ist. Vielleicht ist ähnlich das Vorkommen der Wulfenia carinthiaca auf zwei Alpen des Gailthales zu erklären, denn diese Pflanze ist geologisch alt.

Es gibt aber auch Fälle, wo die Enge des Verbreitungsgebietes, das ein Berg oder selbst nur ein Thal ist, nicht aus der Zurückdrängung erklärt werden kann, wo wir vielmehr berechtigt sind, in der beschränkten Örtlichkeit das Schöpfungszentrum einer besonderen Art zu sehen. Die Vulkangipfel Chimborasso und Pichincha in den äquatorialen Anden, der erloschene Vulkan von Chiriqui haben ihre besonderen Kolibri-Arten. Bei Chachapoya in den peruanischen Anden kommt ein Kolibri der Gattung Loadigesia vor und zwar so selten, daß er nur in Zwischenräumen von einigen Jahren gefunden wird. Myogale pyrenaica ist ein Insektenfresser, der nur in einigen Gebirgen der Pyrenäen-Halbinsel vorkommt. Wollte man noch die Varietäten mit in Betracht ziehen, so würden für zahlreiche Gebirge und Berge sich die Beispiele eigener Pflanzen- oder Tierformen fast ins Endlose vervielfältigen lassen.

Die Gebirge sind nicht bloß mit einzelnen Sonderformen ausgestattet, sie haben überhaupt ihre eigenen Vegetationsformen: die Gebirgswälder, die Matten, die Alpenrosenbuschvegetation, die, in nahezu allen Hochgebirgen der Erde von anderen Rhododendren vertreten, besonders reich im Himalaya und in der Sierra Nevada Kaliforniens wiederkehrt, der ebenfalls in manchen Abarten verbreitete Legföhrenwald. Daher herrscht in Gebirgen überhaupt ein Reichtum an Lebensformen, der das Flachland weit übertrifft.

Wer als Sammler von Pflanzen oder Tieren auch nur seinen Heimatsgau durchstreift hat, der weiß, wie jede Landschaft ihren Berg, ihren Hügel, ihren Wald hat, der besonders reich ausgestattet ist, und daneben ihre Triften, Heiden, Dünen, die ärmer bedacht sind. Die Ursachen sind zum Teil unschwer zu sehen. Wenn allein das Unterengadin 1100 Gefäßpflanzen hat, wenn die Zentralkarpathen 1240 Arten zählen, sind dafür in erster Linie die mannigfaltigen Lebensbedingungen der übereinanderfolgenden Höhenschichten verantwortlich. Der Pflanzenreichtum des Kyffhäusergebirges, das 918 Gefäßpflanzen, also fast 37 Prozent aller in Deutschland vorkommenden, zählt, hängt zum Teil sicherlich mit dem mannigfaltigen geologischen Bau des Kyffhäusergebietes zusammen. Wenn die Flora von Lanzarote und Fuertaventura bedeutend ärmer ist als die der übrigen Kanarien, so führt das nicht auf die Lage zurück, denn diese Inseln liegen dem Festlande zunächst, sondern auf die Bedeckung des Bodens mit Wüstensand.

Die Bodenformen und die geschichtliche Bewegung.

Ohne sklavisch dem Gesetz der Schwere zu folgen wie das Wasser, gehorcht doch das Leben in seiner Gesamtheit einem Trieb nach den tieferen Stellen der Erde. Es zieht die Rinnen und Mulden vor, zum Teil indem es dem ihm unentbehrlichen Wasser folgt, zum Teil in bewußtem Streben nach Vermeidung der größere Anstrengungen fordernden Höhen. Die Bahnen der Zugvögel liegen dauernd in bestimmten Gebirgspässen und -thälern, so auch die minder kenntlichen Wege anderer wandernder Tiere und Pflanzen. Das Leben der Völker zeigt dieselbe Neigung. Die Erhebungen des Bodens halten geschichtliche Bewegungen nicht dauernd auf, aber sie hemmen und verzögern sie oder lenken sie ab. Dank den Alpen sind die Römer später und spärlicher in Germanien eingerückt und zuerst von Westen her, die breiten Ostalpen umgehend. So hat auch die Vindhyakette die Arier nicht gehindert, in Zentralindien einzudringen, aber sie hat ihr Erscheinen verzögert. Überall haben die Völker sich in den Tiefländern

ausgebreitet, ehe sie in die Gebirge eindrangen. Daher die Verschärfung des Unterschiedes von Völkern der Ebenen und solchen der Gebirge. Wir erkennen noch heute in Deutschland, wie die durch ihre Wälder das Eindringen noch mehr zurückweisenden Mittelgebirge später besiedelt worden sind als die Ebenen. Die früheste Blüte deutscher Geschichte ging im tiefen, ebenen Rheinthal auf. Sogar in der Lage der Zeitpunkte, an denen unsere Gebirge zum ersten Male durch die Eisenbahn überschritten wurden, machte sich dieser Einfluß geltend.

Gebirge an Küsten fügen ihre Hemmungen zu den Hindernissen der Seefahrt und der Festsetzung an der Küste hinzu. Daher rührt die späte Entwickelung des Westens von Amerika, die Begünstigung Andalusiens und Murcias vor Valencia und Katalonien, die Schwierigkeiten des Eindringens in das Innere Neuguineas, das von steilen nordwestlich gerichteten Gebirgen durchzogen ist. Hinter der Küste ansteigend, legt das Gebirge zwischen sich und das Meer besondere Landschaften von eigentümlichem Klima und Pflanzenwuchs, in denen das geschichtliche Leben wie zwischen zwei Schutzgebieten sich ausbreitet, ehe es weiter landeinwärts dringt: so das Küstenland zwischen dem Atlantischen Ozean und den Alleghanies, ferner Kalifornien, die reichbewässerte Westküste Indiens, Kolchis, und, in kleinerem Stile, die griechischen Küstenbuchten mit ihren schmalen Ebenen. Wo solche Landschaften fehlen, wie in einem großen Teile von Afrika, ist die Kolonisation erschwert. Der durchschnittlich 60—80 km breite Küstensaum Deutsch-Südwestafrikas ist leider großenteils wüstenhaft, vergleichbar den entsprechend gelegenen Küstenwüsten von Atacama und Südwestaustralien. Wo aber größere Becken der Festländer sich zum Meere öffnen, hat sich jederzeit eine reiche Kulturentwickelung eingestellt. Die alten Kulturländer Asiens haben diese Lage, mit denen man die neuen aufblühenden Gebiete im Mississippi- und La Plata-Becken vergleichen mag.

Die gleichmäßigen, milden Abdachungen, denen der Lauf der Seine, Marne, Oise, Essonne und kleinerer Flüsse und im oberen Lauf auch die Loire und Maas entsprechen, machen aus dem Pariser Becken ein geschichtliches Sammelgebiet. Flüsse und Wege strahlen auf Paris zusammen. Die Loire und die Maas gehören beide im oberen Laufe thatsächlich zum Pariser Becken. Die Maas aber bricht bei Mézières durch die Ardennen und die Loire bei Angers durch die bretonischen Urgesteinshügel. So werden diese Flüsse dem Becken entfremdet, nach dessen tiefster Stelle ihr oberer Lauf gerichtet zu sein schien. So wie die Flüsse von außen zusammenstreben, haben die alten Seen, die einst einen großen Teil des Beckens bedeckten, den Boden ausgeglichen. Nun stehen dem Verkehr der Bewohner im Inneren des Beckens keine Schwierigkeiten mehr entgegen, sondern von außen her wird vielmehr der Verkehr hereingeführt. Diese Verbindung der leichten Wegsamkeit im Inneren mit der Aufgeschlossenheit nach außen hat zu der Bedeutung dieser Landschaft für ganz Frankreich und sogar für die weltgeschichtliche Wirkung der in ihr sich abspielenden Vorgänge wesentlich beigetragen.

Osteuropas Geschichte zeigt die Züge des Verlaufes im Flachlande rasch und breit. Der Gleichförmigkeit dieses Bodens entspricht die Übereinstimmung in der Art des Vordringens und der Kolonisation zwischen 70 und 40° nördl. Breite; nicht minder die ungeheure Schnelligkeit, womit die Russen den Raum zwischen der Wolga und dem Stillen Ozean besetzten, um dann langsam seine weit verteilten Völker sich zu assimilieren, während zugleich Inseln uralaltaischer Völker noch das Herz des Großrussentums zwischen den Flüssen Wolga und Mokscha durchsetzen. Echt flachlandhaft ist die bunte Durcheinanderschiebung der Völker, sind die europäisch-asiatischen Mengungen und Mischungen und der Reichtum steppenhafter Züge im Völkerleben selbst noch zwischen Weichsel und Wolga und sogar im Staate der Russen. Bezeichnend ist ferner die Unselbständigkeit der Gebirge Ural und Altai gegenüber dieser Bewegung; so wie der Boden und die Steppe auf beiden Seiten dieselben sind, konnten auch diese Gebirge keine starken Grenzen werden. Die Neigung ausgedehnter Flachländer zur Wiesen- und Steppenbildung

hat sie zu den bevorzugten Schauplätzen des Hirtenlebens gemacht. Sie gehörten dem Nomadismus, ehe sie durch die von den Rändern her vordringende Kultur der festen Ansiedelung gewonnen wurden.

In den Flachländern begegnen wir häufig der Abschließung innerer Becken von der Verbindung mit dem Meere. In jedem Teile der Erde findet man solche „abflußlose Becken"; auch ein Teil von Europa sinkt im Südosten zum Kaspischen See herab. Solchen Becken fehlt natürlich in erster Reihe die offene Verbindung mit dem Meere, dem großen Kulturelement der höheren Völker, die erst in unserer Zeit durch die Eisenbahnen allmählich ersetzt wird. Auch begünstigen sie ganz besonders die Steppenbildung durch ihren Boden und durch ihr Klima. Zentralasien, der mittlere Sudân, das Innere Deutsch-Ostafrikas, die australische Seenregion, weite Hochlandgebiete in Nord- und Südamerika, endlich Südosteuropa sind solche Gebiete, in denen allen eine dünne Bevölkerung dem Jäger- oder Hirtenleben hingegeben ist oder von dichtgedrängten Wohnstätten aus spärliches Ackerland bebaut. Die Entwickelung Mittel- und Westeuropas hat vorzüglich in vorgeschichtlicher Zeit die mächtigen Impulse empfunden, die von der beweglichen Hirtenbevölkerung solcher Gebiete ausgehen. Die Herden drängen, da sie neue Weidegebiete suchen, zur Bewegung und verstärken deren Wucht. Die körperliche Kräftigung und die Organisation, die in dem Hirtenleben auf weiten Steppen liegen, verstärken gleichfalls die Kraft der Nomaden, die leicht die Herrschaft über friedliche, festsitzende Nachbarvölker an sich reißen. Wir finden daher rings um die großen Steppengebiete die Eroberungsstaaten der Nomaden: die Türkei, die Araber- und Fulbestaaten des Sudân, und die Herrschaft nomadischer Dynastien: der Mandschu in China, der Türken in Persien, Bochara, Chiwa.

Thäler und Pässe.

Die **Thäler** begünstigen die Lebensentfaltung durch ihre tiefere Lage, durch den Schutz ihrer Wände, durch die Zusammenführung und Ablagerung der zerkleinerten Gesteine, endlich, und nicht zuletzt, durch ihre Feuchtigkeit. Die Galeriewälder Ost- und Innerafrikas gehören den Thälern an, die Oasen Südwestafrikas liegen in den Thälern, und die Oasenreihen von Tuat und Tidikelt in der Westsahara sind offenbar auf thalartige Rinnen des Tiefwassers gereiht. Auch für das Leben der Völker ist der Gegensatz groß zwischen dem blühenden Leben des Thalgrundes und der Starrheit des Gebirges, die von oben hereinschaut. „Die Geschichte der Gebirgsvölker wogt in den Thälern wie ihre Flüsse oder liegt still darin wie die Spiegel ihrer Alpenseen." Für den Menschen kommen aber noch andere Eigenschaften der Thäler in Betracht: ihre Breite und Länge und ihre Verbindungen untereinander. Der große Unterschied der Längs- und Querthäler hat seine geschichtliche Bedeutung. **Längsthäler**, lang, in der Regel auch breit, mit wenig geneigtem Boden, der oft fast flach ist, sind besondere geschichtliche Landschaften, mitten im Gebirge ausgezeichnet durch die ungebirgshaften Eigenschaften ungebrochener Erstreckung, der Geräumigkeit, der Fruchtbarkeit; so das Wallis, das Engadin, die oberen Rheinthäler, das Vintschgau, das große Längsthal der Alleghanies. Solche Längsthäler führen in Europa den Ackerbau und die festen Wohnsitze, in Asien das Hirtenleben in größere Meereshöhen hinauf. Die großen Längsthäler im Karangu Dagh und im Russischen Gebirge (Küenlün) gehören zu den höchstgelegenen Weideländern Zentralasiens.

Die **Querthäler** sind im Vergleich mit den Längsthälern kurz, von steilem und meist auch engem Boden; bilden sie besondere Landschaften wie das Reußthal (Uri), Berchtesgaden, so sind diese klein, dünn bewohnt. Die Bewohnbarkeit solcher Thäler hängt von der Breite ihrer

Sohle und ihrer wegen der Erhebung über feuchte Niederungen von der Besiedelung oft bevorzugten Terrassen ab. Während den Längsthälern vermöge ihrer Längenerstreckung und Querverbindungen (Gotthard, Brenner) eine wichtige Rolle im inneren Verkehre der Gebirge zugewiesen ist, fällt den Querthälern die Aufgabe zu, das Gebirge mit seinem Umlande zu verbinden oder den Verkehr quer durch das Gebirge den Pässen zuzuführen. Wo Quer- und Längsthäler zusammentreten oder ein kleineres Querthal in ein größeres mündet, liegen die Thalweitungen, in denen das Leben sich ausbreitet, das in den Thalrinnen zusammengedrängt ist; vor allem sind hier die Stätten des Anbaues und der Siedelung, die Kreuzungspunkte des Verkehrs. Bei den Zuñi-Indianern in Neumexiko kann man verfolgen, wie die Thalweitungen die fest organisierten Häusergemeinden begünstigen, die in den bodenarmen Seitenthälern nicht aufkommen, weil diese zum Einzelwohnen zwingen.

Einbruchsthäler, wie das des Rheins von Basel bis Mainz oder das des Jordans, gleichen an geschichtlicher Bedeutung den Längsthälern, es liegt aber in ihrer Entstehung begründet, daß sie nicht wie jene von zahlreichen Querthälern erschlossen werden; daher die Verkehrsschwierigkeiten des Landes zwischen Rhein und Vogesen nach Osten und Westen und die geschichtlich so folgenreiche Abgeschlossenheit des Jordanbeckens. Manche Einbruchsgebiete sind noch scharf von den Thalrinnen abgegrenzt, die zum Teil späterer Entstehung sind. Die Balkanhalbinsel zeigt eine Menge derartiger Becken, unter denen das Amselfeld das bekannteste ist, aus dem nur ein 18 km langes Engthal nach Macedonien führt.

Kettengebirge werden von Thälern durchsetzt, deren Längs- und Querlinien ein wahres Verkehrsgeäder erzeugen, Massengebirge werden von Thälern erschlossen, wobei in der Regel ein innerster Teil unberührt bleibt. Wohl ist das französische Zentralmassiv von Norden und Westen her durch tief eindringende Thäler aufgeschlossen, aber es bleibt ein Rest unwirtlichen Moor- und Heidelandes, der die Auvergne arm macht. Glücklicherweise hat in alten, gliederarmen Gebirgen die Bildung von Einbruchsbecken die lebensgünstigen Gebiete vermehrt, vergrößert. Beweis dafür sind die großen Becken von Böhmen und vom Oberrhein, die kleinen von Mainz, von Kassel, die alten Seebecken der Apenninen und der Balkanhalbinsel.

Auch außerhalb der Gebirge und Hügelländer zerschneidet fließendes Wasser das Land mit seinen Thalrinnen, deren Richtung und Größe auch hier durch alte oder neue Bodenbewegungen vorgezeichnet ist. Die Saumpfade, Straßen und Eisenbahnen suchen alle gleicherweise diese Rinnen auf, und der Flußverkehr setzt auf ihre Gewässer seine Flöße, Kähne und Dampfer. Die Völker- und Staatenausbreitung läßt sich von ihnen leiten, wie die Rolle des Orontes in der Ausbreitung des assyrischen Reiches und des Tiber in dem Frühwachstum Roms nach dem unteren Po-Land hin zeigt, wo Bologna heute wie im Altertum der Verknüpfungspunkt der Verkehrslinien des Po-Landes und des Apennin ist. Dabei zeigen sich Zusammenhänge, die auf älteren Zuständen des Bodens beruhen, so wenn zwischen den Gebirgen von rheinischem und denen von hercynischem Typus durch Mitteldeutschland die Senke führt, in der die Kinzig (zum Main) nach Süden und die Werra nach Norden geht.

Es hängt mit der Bildung der Alpen der Donaulauf bis Preßburg und jene noch bedeutsamere Rinne zusammen, in die zwischen den Alpen und dem französischen Zentralmassiv die Saône und Rhone als eine einzige, 500 km lange Wasserlinie eingeschlossen sind. Das ist insofern ein einziger Zug in der Geographie von Europa, als eine so unmittelbare Verbindung des Inneren von Europa mit dem Mittelmeere nirgends sonst vorkommt. Entsprechend ist die geschichtliche Bedeutung. Dies ist der Teil Frankreichs, der zuerst in das Licht der Geschichte rückt. Sobald Mittel- und Westeuropa mit dem Mittelmeer in Verbindung traten, entwickelten sich in dieser Rinne die großen Handelswege. Daher

sind die herrlichen alten Städte, die schon zur Zeit der Römer Weltstädte waren, wie Marseille und Lyon, an dieser großen Rinne gelegen. Die Eisenbahnen, Straßen und dazu noch die den Rhein-Rhone-Kanal bergende Burgundische Pforte liegen in einer älteren Verbindung dieser Rinne mit dem Oberrhein.

In der Verlängerung der Thäler, die in Gebirge einschneiden, liegen die Kammsenken, die wir Pässe nennen. Verkehrsgeographisch sind die Pässe Anschwellungen zwischen zwei oder mehr Thalwegen, so der Gotthard zwischen Rhone und Rhein, Reuß und Tessin; oder Thalwege, die ein Gebirge durchbrechen, wie z. B. Reschenscheideck, Khaiberpaß; oder es sind einfach bruchartige Einsenkungen in einem Gebirge, wie die interozeanischen Senken von Panama, Nicaragua, Tehuantepek, die in 80, 45 und 210 m Höhe die mittelamerikanischen Gebirge durchsetzen, oder der Mohawkpaß, der in 45 m Höhe Bresche in die Alleghanies legt. Wir haben gesehen, wie verschieden die Höhe der Pässe von Gebirge zu Gebirge und in einem und demselben Gebirge ist, und wie wenig sie dabei von der Gipfelhöhe abhängt. Die Zentralpyrenäen, die höhere Pässe haben als die Ostalpen, sind dadurch zu einem stärkeren Hindernis des Verkehrs geworden, sind heute noch unüberschient. Die über 4000 m hohen, verfirnten und vergletscherten Himalayapässe erklären die Absonderung Indiens von Tibet. Der Brenner dagegen mit 1370 m war schon in vorrömischer Zeit ein viel beschrittener Weg zwischen Süd- und Mitteleuropa, während das fast doppelt so hohe Stilfser Joch, 2760 m, immer nur einen dünnen Verkehrsfaden genährt hat.

* * *

Wir machen Halt an dem großen natürlichen Abschnitt zwischen dem Festen der Erde, dessen Lage, Größe und Formen wir betrachtet haben, und den beweglicheren Hüllen, die Wasser, Luft und Leben darum schlingen. Diese werden wir im zweiten Band zu behandeln haben. Zwar können wir nach allem, was wir gesehen haben, dieses Feste nicht als eine starre Unterlage betrachten, die nur leidende Trägerin der Bewegungen des Wassers, der Luft und des Lebens wäre. Die Thatsachen des Vulkanismus, der Erdbeben und vor allem der Gebirgsbildung machen eine solche Auffassung unmöglich. Aber diese inneren Bewegungen der Erde sind entweder von äußerst beschränktem Umfang oder so unmerklich wie das Wachsen der Bäume. Im zweiten Band werden daher Bewegungen auf der Erdoberfläche ebenso im Vordergrund unserer Betrachtung stehen wie im ersten Formen der Erdoberfläche. Das Band zwischen den beiden bildet die Untrennbarkeit der Erdformen und der zu ihrer Bildung dienenden Werkzeuge, die beide dem Erdganzen untergeordnet sind, an dessen Umbildung sie in beständiger Wechselbedingtheit arbeiten.

(Register und Litteraturnachweis befinden sich am Schluß des 2. Bandes.)

Druck vom Bibliographischen Institut in Leipzig.

	M.	Pf.
Pflanzenleben, von Prof. Dr. ***A. Kerner von Marilaun.*** *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 448 Abbildungen im Text, 1 Karte und 64 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 28 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . . je	16	—
Erdgeschichte, von Prof. Dr. ***Melchior Neumayr.*** *Zweite, von Prof. Dr. V. Uhlig neubearbeitete Auflage.* Mit 873 Abbildungen im Text, 4 Karten und 34 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 28 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . . je	16	—
Das Weltgebäude. Eine gemeinverständliche Himmelskunde. Von Dr. ***M. Wilhelm Meyer.*** Mit 287 Abbildungen im Text, 10 Karten und 31 Tafeln in Heliogravüre, Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Die Naturkräfte. Gemeinverständlich dargestellt von Dr. ***M. Wilhelm Meyer.*** Mit mehreren hundert Abbildungen im Text und vielen Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. (In Vorbereitung.)		
Bilder-Atlas zur Zoologie der Säugetiere, von Professor Dr. ***W. Marshall.*** Beschreib. Text mit 258 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand	2	50
Bilder-Atlas zur Zoologie der Vögel, von Professor Dr. ***W. Marshall.*** Beschreibender Text mit 238 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand . .	2	50
Bilder-Atlas zur Zoologie der Fische, Lurche und Kriechtiere, von Prof. Dr. ***W. Marshall.*** Beschreibender Text mit 208 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand	2	50
Bilder-Atlas zur Zoologie der Niederen Tiere, von Prof. Dr. ***W. Marshall.*** Beschreib. Text mit 292 Abbildungen. Gebunden, in Leinw.	2	50
Bilder-Atlas zur Pflanzengeographie, von Dr. ***Moritz Kronfeld.*** Beschreibender Text mit 216 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand . . .	2	50
Kunstformen der Natur, von Prof. Dr. ***Ernst Haeckel.*** 100 Illustrationstafeln mit beschreibendem Text. In 2 Sammelkasten (im Erscheinen). . je	18	—

Geographische Werke.

	M.	Pf.
Die Erde und das Leben. Eine vergleichende Erdkunde. Von Prof. Dr. ***Friedrich Ratzel.*** Mit etwa 400 Abbildungen im Text, 20 Kartenbeilagen u. 40 Tafeln in Holzschnitt, Tonätzung u. Farbendruck. (Im Erscheinen.) Geheftet, in 30 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . je	17	—
Afrika. Zweite, von Prof. Dr. ***Friedr. Hahn*** völlig umgearbeitete Auflage. Mit 173 Abbildungen im Text, 11 Karten und 21 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. Geheftet, in 15 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	17	—
Asien, von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers.*** Mit 156 Abbildungen im Text, 14 Karten und 22 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 13 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	15	—
Amerika, in Gemeinschaft mit Dr. ***E. Deckert*** und Prof. Dr. ***W. Kükenthal*** herausgegeben von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers.*** Mit 201 Abbildungen im Text, 13 Karten und 20 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 13 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	15	—
Europa, von Dr. ***A. Philippson*** und Prof. Dr. ***L. Neumann.*** Herausgegeben von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers.*** Mit 166 Abbildungen im Text, 14 Karten und 28 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—

	M.	Pf.
Australien und Ozeanien, von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers.*** Mit 137 Abbildungen im Text, 12 Karten und 20 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Meyers Hand-Atlas. *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 113 Kartenblättern, 9 Textbeilagen und Register aller auf den Karten befindlichen Namen. Geheftet, in 38 Lieferungen zu je 30 Pf. — Gebunden, in Halbleder	13	50
Neumanns Orts-Lexikon des Deutschen Reichs. *Dritte, neubearbeitete Auflage.* Mit 34 Karten und Plänen und 276 Wappenbildern. Geheftet, in 26 Lieferungen zu je 50 Pf. — Gebunden, in Halbleder	15	—
Bilder-Atlas zur Geographie von Europa, von Dr. ***A. Geistbeck.*** Beschreibender Text mit 233 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand	2	25
Bilder-Atlas zur Geographie der aussereuropäischen Erdteile, von Dr. ***A. Geistbeck.*** Beschreibender Text mit 314 Abbild. Gebunden, in Leinwand	2	75

Weltgeschichts- und kulturgeschichtliche Werke.

	M.	Pf.
Das Deutsche Volkstum, herausgegeben von Prof. Dr. ***Hans Meyer.*** Mit 30 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. Geheftet, in 13 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	15	—
Das Deutsche Reich zur Zeit Bismarcks. Politische Geschichte von 1871 bis 1890. Von Dr. ***Hans Blum.*** Mit einem Porträt. Gebunden	5	—
Weltgeschichte, unter Mitarbeit hervorragender Fachmänner herausgegeben von Dr. ***Hans F. Helmolt.*** Mit 45 Karten und 183 Tafeln in Farbendruck, Holzschnitt und Ätzung. (Im Erscheinen.) Geheftet, in 16 Halbbänden zu je 4 Mk. — Gebunden, in 8 Halblederbänden . . . . . je	10	—
Urgeschichte der Kultur, von Dr. ***Heinrich Schurtz.*** Mit 434 Abbildungen im Text, 1 Kartenbeilage und 23 Tafeln in Farbendruck, Holzschnitt und Tonätzung. Geheftet, in 15 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	17	—
Meyers Historisch-Geographischer Kalender für das Jahr 1902. Mit etwa 550 Landschafts- und Städteansichten, Porträts, ethnologischen, kulturhistorischen und kunstgeschichtlichen Darstellungen sowie Autographen, Münzen- und Wappenbildern und einer Jahresübersicht (auf dem Rückdeckel). Zum Aufhängen als Abreißkalender eingerichtet	2	—

Litterar- und kunstgeschichtliche Werke.

	M	Pf.
Geschichte der antiken Litteratur, von ***Jakob Mähly.*** 2 Teile in einem Band. Gebunden, in Leinwand 3,50 Mk. — Gebunden, in Halbleder	5	25
Geschichte der deutschen Litteratur, von Prof. Dr. ***Friedr. Vogt*** u. Prof. Dr. ***Max Koch.*** Mit 126 Abbildungen im Text, 25 Tafeln in Farbendruck, Kupferstich und Holzschnitt und 34 Faksimile-Beilagen. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Geschichte der englischen Litteratur, von Prof. Dr. ***Rich. Wülker.*** Mit 162 Abbildungen im Text, 25 Tafeln in Farbendruck, Kupferstich und Holzschnitt und 11 Faksimile-Beilagen. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Geschichte der italienischen Litteratur, von Prof. Dr. ***B. Wiese*** u. Prof. Dr. ***E. Pèrcopo.*** Mit 158 Abbildungen im Text und 31 Tafeln in Farbendruck, Kupferätzung und Holzschnitt und 8 Faksimile-Beilagen. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—

	M.	Pf.
Geschichte der französischen Litteratur, von Prof. Dr. ***Hermann Suchier*** und Prof. Dr. ***Adolf Birch-Hirschfeld.*** Mit 143 Abbildungen im Text, 23 Tafeln in Farbendruck, Holzschnitt und Kupferätzung und 12 Faksimile-Beilagen. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Geschichte der Kunst aller Zeiten und Völker, von Prof. Dr. ***Karl Woermann.*** Mit etwa 1300 Abbildungen im Text und 130 Tafeln in Farbendruck, Holzschnitt und Tonätzung. (Im Erscheinen.) Gebunden, in 3 Halblederbänden . . . . je	17	—

Meyers Klassiker-Ausgaben.

*In **Leinwand-Einband;** für **feinsten Halbleder-Einband** sind die Preise um die Hälfte höher.*

Deutsche Litteratur.

	M.	Pf.
Arnim, 1 Band, herausg. von *J. Dohmke* .	2	—
Brentano, 1 Band, herausg. von *J. Dohmke*	2	—
Bürger, 1 Band, herausg. von *A. E. Berger*	2	—
Chamisso, 2 Bände, herausg. von *H. Kurz*	4	—
Eichendorff, 2 Bände, herausg. von *R. Dietze*	4	—
Gellert, 1 Band, herausg. von *A. Schullerus*	2	—
Goethe, 12 Bände, herausg. von *H. Kurz* .	30	—
— 15 Bde., hrsg. von *K. Heinemann*, je	2	—
Hauff, 3 Bände, herausg. von *M. Mendheim*	6	—
Hebbel, 4 Bände, herausg. von *K. Zeiß* .	8	—
Heine, 7 Bände, herausg. von *E. Elster*. .	16	—
Herder, 4 Bände, herausg. von *H. Kurz* .	10	—
E. T. A. Hoffmann, 3 Bde., herausgeg. von *V. Schweizer*	6	—
H. v. Kleist, 2 Bde., herausg. von *H. Kurz* .	4	—
Körner, 2 Bände, herausg. von *H. Zimmer*	4	—
Lenau, 2 Bände, herausg. von *C. Hepp* . .	4	—
Lessing, 5 Bde., herausg. von *F. Bornmüller*	12	—
O. Ludwig, 3 Bände, herausg. v. *V. Schweizer*	6	—
Novalis u. Fouqué, 1 Bd., herausg. v. *J. Dohmke*	2	—
Platen, 2 Bände, herausg. von *G. A. Wolff* u. *V. Schweizer*	4	—
Rückert, 2 Bände, herausg. von *G. Ellinger*	4	—
Schiller, herausg. v. *L. Bellermann*, kleine Ausgabe in 8 Bänden	16	—
— große Ausgabe in 14 Bänden . .	28	—
Tieck, 3 Bände, herausg. von *G. L. Klee* .	6	—
Uhland, 2 Bände, herausg. von *L. Fränkel*	4	—
Wieland, 4 Bände, herausg. von *G. L. Klee*	8	—

Englische Litteratur.

	M.	Pf.
Altenglisches Theater, v. *Robert Prölß*, 2 Bde.	4	50
Burns, Lieder und Balladen, von *K. Bartsch*	1	50
Byron, Werke, *Strodtmann*sche Ausgabe, 4 Bände	8	—
Chaucer, Canterbury-Geschichten, von *W. Hertzberg*	2	50
Defoe, Robinson Crusoe, von *K. Altmüller* .	1	50
Goldsmith, Der Landprediger, von *K. Eitner*	1	25
Milton, Das verlorne Paradies, von *K. Eitner*	1	50
Scott, Das Fräulein vom See, von *H. Viehoff*	1	—
Shakespeare, *Schlegel-Tieck*sche Übersetzg. Bearb. von *A. Brandl.* 10 Bde.	20	—
Shelley, Ausgewählte Dichtungen, von *Ad. Strodtmann*	1	50
Sterne, Die empfindsame Reise, v. *K. Eitner*	1	25
— Tristram Shandy, von *F. A. Gelbcke*	2	—
Tennyson, Ausgewählte Dichtungen, von *Ad. Strodtmann*	1	25
Amerikan. Anthologie, von *Ad. Strodtmann*	2	—

Italienische Litteratur.

	M.	Pf.
Ariost, Der rasende Roland, v. *J. D. Gries*, 2 Bde.	4	—
Dante, Göttliche Komödie, von *K. Eitner* .	2	—
Leopardi, Gedichte, von *R. Hamerling* . .	1	—
Manzoni, Die Verlobten, von *E. Schröder*, 2 Bde.	3	50

Spanische und portugiesische Litteratur.

	M.	Pf.
Camoëns, Die Lusiaden, von *K. Eitner* . .	1	25
Cervantes, Don Quijote, von *E. Zoller*, 2 Bde.	4	—
Cid, von *K. Eitner*	1	25
Spanisches Theater, von *Rapp*, *Braunfels* und *Kurz*, 3 Bände	6	50

Französische Litteratur.

	M.	Pf.
Beaumarchais, Figaros Hochzeit, von *Fr. Dingelstedt*	1	—
Chateaubriand, Erzählungen, v. *M. v. Andechs*	1	25
La Bruyère, Die Charaktere, von *K. Eitner*	1	75
Lesage, Der hinkende Teufel, v. *L. Schücking*	1	25
Mérimée, Ausgewählte Novellen, v. *Ad. Laun*	1	25
Molière, Charakter-Komödien, von *Ad. Laun*	1	75
Rabelais, Gargantua, v. *F. A. Gelbcke*, 2 Bde.	5	—
Racine, Ausgew. Tragödien, von *Ad. Laun*	1	50
Rousseau, Bekenntnisse, v. *L. Schücking*, 2 Bde.	3	50
— Ausgewählte Briefe, von *Wiegand*	1	—
Saint-Pierre, Erzählungen, von *K. Eitner* .	1	—
Sand, Ländliche Erzählungen, v. *Aug. Cornelius*	1	25
Staël, Corinna, von *M. Bock*	2	—
Töpffer, Rosa und Gertrud, von *K. Eitner*	1	25

Skandinavische und russische Litteratur.

	M.	Pf.
Björnson, Bauern-Novellen, von *E. Lobedanz*	1	25
— Dramatische Werke, v. *E. Lobedanz*	2	—
Die Edda, von *H. Gering*	4	—
Holberg, Komödien, von *R. Prutz*, 2 Bände	4	—
Puschkin, Dichtungen, von *F. Löwe*. . .	1	—
Tegnér, Frithjofs-Sage, von *H. Viehoff* . .	1	—

Orientalische Litteratur.

	M.	Pf.
Kalidasa, Sakuntala, von *E. Meier* . . .	1	—
Morgenländische Anthologie, von *E. Meier*	1	25

Litteratur des Altertums.

	M.	Pf.
Anthologie griechischer u. römischer Lyriker, von *Jakob Mähly*	2	—
Äschylos, Ausgew. Dramen, von *A. Oldenberg*	1	—
Euripides, Ausgewählte Dramen, v. *J. Mähly*	1	50
Homer, Ilias, von *F. W. Ehrenthal* . . .	2	50
— Odyssee, von *F. W. Ehrenthal* . .	1	50
Sophokles, Tragödien, von *H. Viehoff* . .	2	50

Meyers Volksbücher.

Erschienen sind 1288 Nummern. Jedes Bändchen ist einzeln käuflich. Geheftet, Preis jeder Nummer 10 Pfennig. Gebunden in eleganten Leinenbänden, Preis je nach Umfang. Verzeichnisse sind in jeder Buchhandlung zu haben.

Druck vom Bibliographischen Institut in Leipzig.

